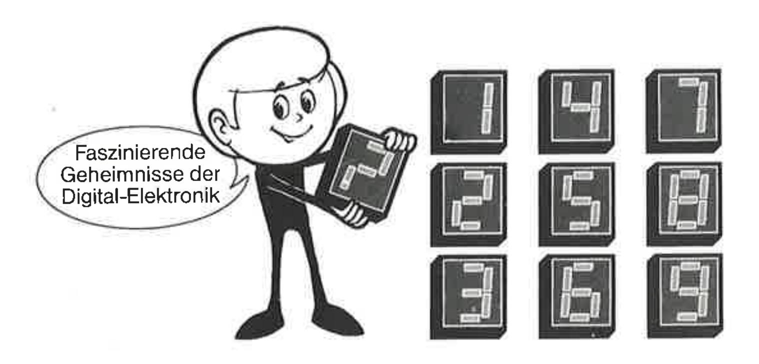
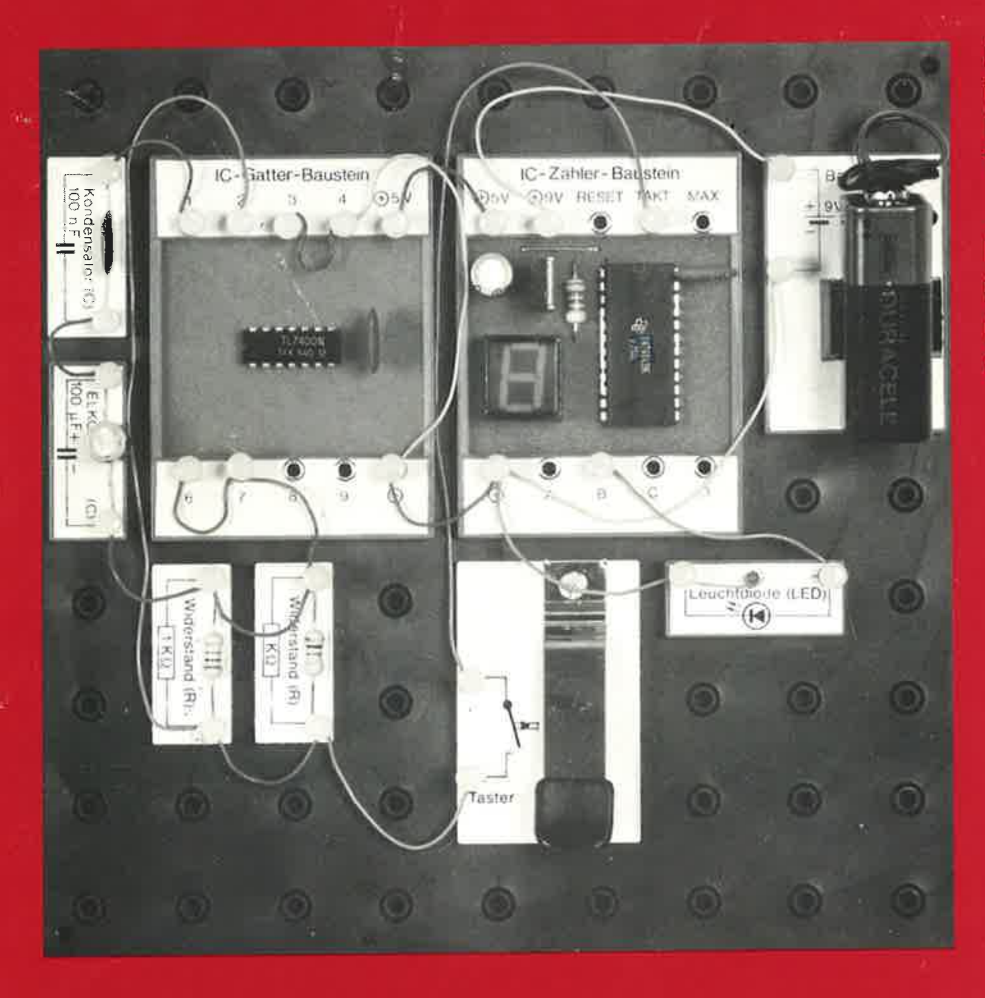
electronic digital-technik

2075



Anleitungsbuch



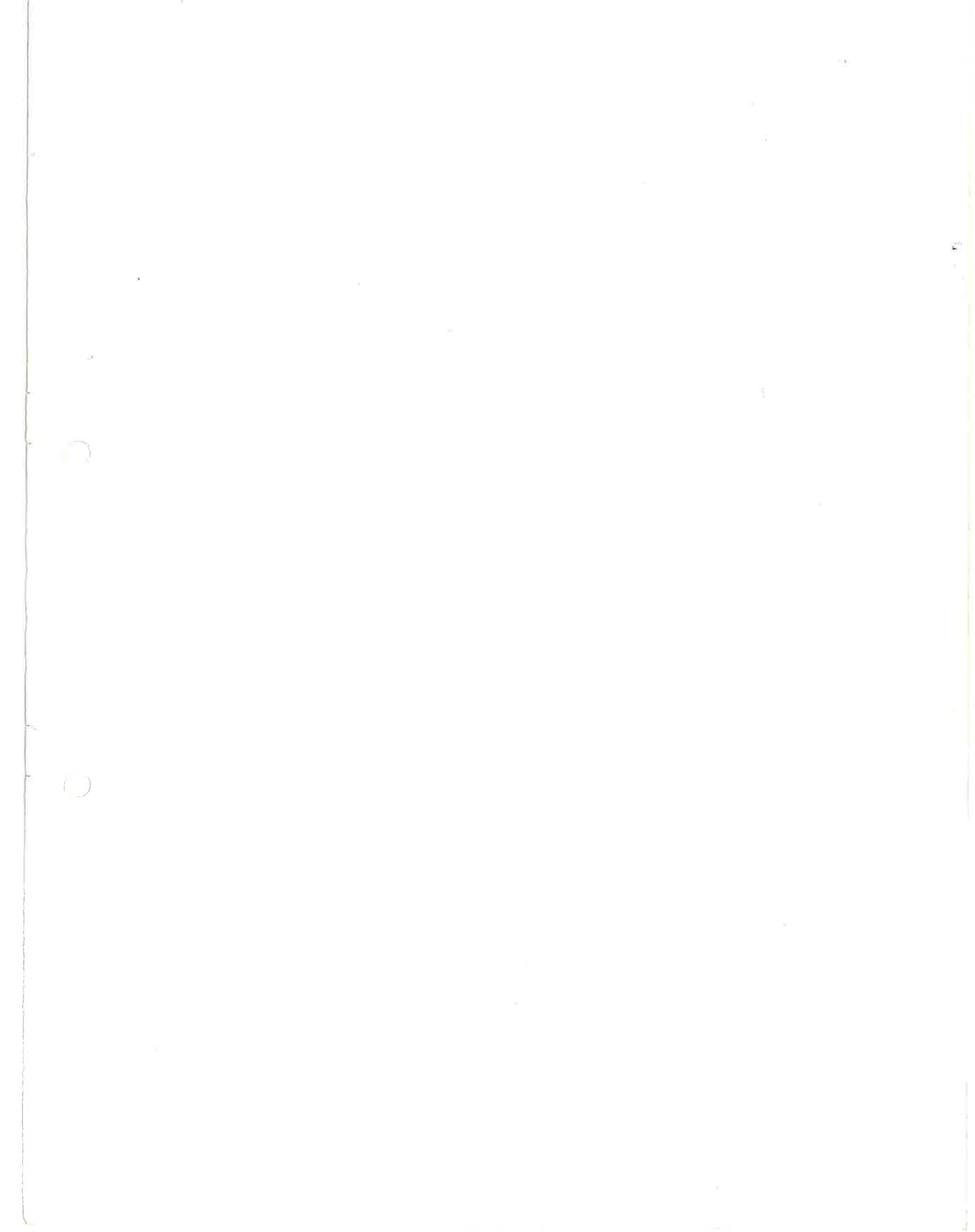
Das Digital-Studio 2075 bringt für jeden verständlich die Einführung in die Computer-Technik.

Dieser Experimentier-Kasten ist gleichzeitig eine interessante Ausbaustufe des großen Electronic-Studios 2070.



In Zusammenarbeit mit dem Elektronik-Magazin







electronic studio

Netzteil 2059

mit Steckbaustein

Eingang (primär) 220 V Wechselstrom
Ausgang (sekundär) 9 V Gleichstrom, max. 200 mA
Kurzschlußsicher, nach VDE geprüft

Made in W.-Germany

Das Netzteil 2059 ist trotz seiner kompakten Bauform ein doppelt isolierter Sicherheitstransformator. Die integrierte Zehnerdiode, nebst Transistor, Kondensator und Gleichrichter sorgen für eine stabilisierte Spannungsabgabe mit Brummsiebung.
Durch die Dauerbetriebsmöglichkeit können die Schaltungen des BUSCH-Electronic-Studios ohne kostspieligen Batterieverbrauch als funktionssichere Geräte eingesetzt werden.
Sobald das Netzteil in eine Schukosteckdose eingesteckt wird, steht an den Kontaktstellen des Bausteins eine geglättete 9 V Gleichstrom-Spannung (wie beim Batteriebetrieb) zur Verfügung. Der Steckbaustein des Netzteils wird somit in gleicher Weise wie der sonst übliche Batterie-Baustein innerhalb der Schaltungen verwendet.

Achtung!
Niemals ohne Netzgerät eine Verbindungsleitung zur Netzsteckdose herstellen.

Busch + Co. KG, 6806 Viernheim, W.-Germany, Postfach 1360

Elektronische Beratung:
Ing. grad. Hartmut Vallen

Layout und Darstellungen:
Wuthe-Werbung, Viernheim

Printed in W.-Germany

05.81

Elektronik der Zukunft:
Die Digital-Technik



Mit der Entwicklung der Digital-Technik hat eine neue elektronische Zukunft begonnen. Die Wissenschaft stellt immer neue Aufgaben, die in den Entwicklungslaboratorien auf Grund fortwährender neuer digital-elektronischer Erkenntnisse gelöst werden. Hierdurch ergeben sich Anwendungsgebiete, die vor wenigen Jahren noch undenkbar waren.

Moderne kleine Taschenrechner, Präzisions-Quarzuhren oder die heutige Computer-Technik wären ohne Digital-Elektronik nicht möglich. Mit dieser neuen Technik ist es dem Menschen erstmals gelungen, elektronische Maschinen zu entwickeln, die lesen, schreiben, rechnen und sogar Entscheidungen treffen können.

Kann ein Laie die komplizierten elektronischen Vorgänge der Digital-Technik überhaupt noch verstehen?

Das Electronic-Studio-Programm wird es Ihnen beweisen, wie einfach es ist, die faszinierenden Geheimnisse der modernen Elektronik auf unterhaltsame Weise und leicht verständlich kennenzulernen.

Ohne besondere Vorbereitungen kann sofort mit dem Experimentieren begonnen werden. Alle Bauelemente sind auf Steckbausteinen vormontiert. Die absolut sichere Leitungs-Steck-Technik sorgt für einwandfreie Funktion der Schaltungen, die in wenigen Minuten betriebsbereit aufgebaut sind. Moderne Technik und aktuelle Bauelemente des internationalen Elektronik-Marktes bringen die entscheidende Voraussetzung für interessante und zeitgemäße Experimente. Genau so wichtig wie die Hardware (Technik) ist die sogenannte Software, nämlich das Anleitungsbuch. Das Gelesene muß verstanden – die Zusammenhänge erkannt werden, um letztlich zu dem gewünschten „AHA-Effekt" zu kommen.

Experten mit hervorragendem know-how entwickelten das System, die Schaltungen und die perfekt funktionierenden Geräte. Ein Redaktionsteam aus Spezialisten und Laien erarbeitete Texte und Beschreibungen, die für jedermann verständlich sind.

Sie haben sich für ein modernes und ausbaufähiges Experimentiersystem entschieden. Das Electronic-Studio digital-Technik 2075 kann durch das große Electronic-Studio 2070 weiter ausgebaut werden.

Der Ergänzungskasten 2060 und die IC-Verstärkertechnik 2072 versetzen Sie in die Lage, die ganze Palette der modernen Elektronik durch perfektes Experimentieren kennenzulernen.

Was unbedingt beachtet werden sollte!

Nur mit der vorgeschriebenen 9 V Batterie-Spannung experimentieren. In keinem Fall direkte Anschlüsse zur Netzsteckdose herstellen.



Der IC-Zähler-Baustein hat einen relativ hohen Stromverbrauch. Wenn länger experimentiert oder Versuchsschaltungen im Dauerbetrieb eingesetzt werden, ist es empfehlenswert, anstelle der vorgesehenen Batterie das spezielle BUSCH-Netzgerät 2059 zu verwenden.

Einige Bauelemente (z. B. IC, Elko, LED usw.) sind sehr empfindlich und können bei einem falschen Schaltungsaufbau zerstört werden. Diese Teile sind auf roten Bausteinen montiert. Bei Experimenten mit roten Bausteinen sollten die Schaltungen vor Anschluß der Batterie genau kontrolliert werden. Die Zeichen Plus ⊕ und Minus ⊖ sind besonders zu beachten.

Aufgesteckte Bausteine niemals an den elektrischen Bauelementen herausziehen – immer den Plastikkörper anfassen.

Schaltpläne gewissenhaft aufbauen. So lange keine Vorkenntnisse bestehen, sollten keine eigenen Experimente durchgeführt werden.

Immer die kürzesten Leitungswege bevorzugen. Die unterschiedlichen Drahtlängen sind durch Farben gekennzeichnet. Die Batterie wird grundsätzlich als letztes Bauteil angeschlossen. Die jeweils zwischen den Bauelementen hergestellten Verbindungsleitungen zweckmäßigerweise bei den Aufbauplänen abhaken, als Kontrolle für evtl. vergessene Verbindungsleitungen.

Für das Verständnis der elektronischen Zusammenhänge ist es empfehlenswert, die Versuche in der Reihenfolge des Anleitungsbuches auszuführen. Wer am Anfang mehr experimentieren und weniger lesen möchte, kann die Schaltungen auch ohne Funktionskenntnis aufbauen, wenn die Aufbaupläne genau beachtet werden.

Jedes Bauelement hat im Verpackungskarton einen speziellen Aufbewahrungsplatz. Werden die Bausteine nach dem Experimentieren zurücksortiert, ist für weitere Schaltungen ein schnelles Auffinden gewährleistet. Um Schaltungsfehler zu vermeiden, sollten die teilweise geringen Unterschiede der Bezeichnungen genau beachtet werden. So ist z. B. ein 100 nF-Kondensator ein völlig anderes Bauelement als ein 100 µF-Kondensator.

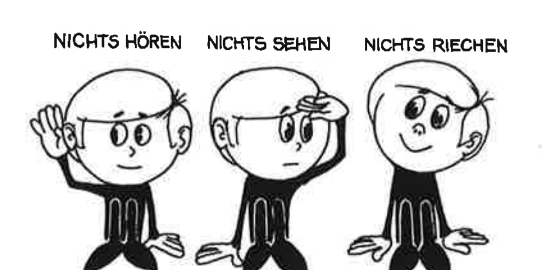
Eigenartige Elektrizität*

Falls wir schon ein Electronic-Studio 2060 oder 2070 besitzen können die nachfolgenden Versuche und Beschreibungen mit * übersprungen werden, weil diese grundsätzlichen Experimente und Erläuterungen in den Anleitungsbüchern 2060 bzw. 2070 ebenfalls enthalten sind.

Obwohl Elektrizität nicht sichtbar ist und auch mit unseren Sinnesorganen nicht wahrgenommen werden kann, begegnen uns die Auswirkungen der Elektrizität täglich und fast überall. Menschen können die Elektrizität benutzen, wenn sie die Gesetze kennen, denen die Elektrizität folgt. Mit unserem Electronic-Studio werden wir vielerlei Versuche durchführen, die uns einige dieser Gesetze aufzeigen und erklären. Wenn wir diese kennen und wissen, wie die Elektrizität auf bestimmte Ursachen reagiert, können wir sie beherrschen. Wir müssen also Bedingungen schaffen, unter denen die Elektrizität genau das tun wird, was wir uns ausgedacht und in unseren Experimenten vorbereitet haben.

Solange wir die benötigte Elektrizität (also den Strom) aus unserer Batterie entnehmen, ist sie ungefährlich. Lebensgefährlich wird jedoch das Experimentieren mit Elektrizität aus der Steckdose. Daher darf in keinem Fall eine direkte Leitungsverbindung zur Steckdose hergestellt werden.

Lediglich das spezielle Netzgerät 2059 darf verwendet werden, weil es nach dem Einstecken in die Netzsteckdose die gefährliche 220 Volt-Spannung in eine ungefährliche 9 Volt-Experimentierspannung umwandelt.



Können wir Elektrizität „fühlen"?*

Unsere Batterie hat auf einer Schmalseite 2 Anschlußpunkte (auch Anschlußpole genannt). Berühren wir mit dem Finger gleichzeitig beide Pole, werden wir kaum etwas spüren. Berühren wir die beiden Anschlußpunkte jedoch kurz mit unserer Zunge, so können wir den jetzt fließenden Strom sehr wohl spüren. Durch die geringe Batteriespannung ergibt sich an der Zungenspitze ein prickelndes Gefühl. Bei hohen Spannungen (wie sie sich aus der Steckdose ergeben) würden wir mit einem solchen Experiment unser Leben bedrohen.



Wir beginnen!*



Für alle Experimente benötigen wir als „Energiequelle" eine 9 Volt (V) Batterie. Die speziell passende Batterie hat die internationale Bezeichnung IEC 6 F22, z. B. VARTA Super 438 oder die besonders langlebige Alkali-Mangan-Batterie von Mallory MN1604.

Batterie (siehe Abb. 1) in Halter einsetzen. Sobald wir den Anschlußclip auf die Batterienoppen aufdrücken, ist der Kontakt zu den Anschlußbuchsen ⊕ und ⊖ des Bausteins hergestellt.

Wenn viel und lange experimentiert wird, empfehlen wir, das spezielle Electronic-Studio-Netzgerät Nr. 2059.

Die Bausteine werden an den vorgesehenen Stellen der Lochplatte aufgesteckt. Für die Leitungsverbindung sind die isolierten Drähte in verschiedenen Längen (jede Länge hat eine andere Farbe) zu verwenden. Die blanken (abisolierten) Drahtenden werden in die entsprechenden Buchsen der Bausteine gesteckt und durch einen aufgedrückten gelben Plastikstecker kontaktsicher gehalten. Es ist immer die kürzestmögliche Verbindungsleitung zu wählen.

Wir bauen einen „Stromkreis"*

Werden mehrere elektronische Bauelemente durch Drahtverbindung miteinander verbunden, so entsteht eine elektronische Schaltung. Jede derartige Schaltung benötigt einen Stromkreis, oder besser gesagt einen Stromkreislauf. Der Strom kommt von der Batterie und „fließt" durch die Verbindungsdrähte über die angeschlossenen Bauelemente zur Batterie zurück.

Mit der Schaltung gem. Abb. 2 bauen wir zunächst einen sehr einfachen Stromkreis auf. Eine Verbindungsleitung führt von der Batterie zur Leuchtdiode (LED). Ein weiterer Draht von der Leuchtdiode zum Widerstand. Von dort führt ein dritter Draht zum Taster, der mit einer vierten Leitung wieder mit der Batterie verbunden ist. Obwohl die Leuchtdiode jetzt an der Batterie angeschlossen ist, ergibt sich noch keine Funktion, weil kein Strom „fließen" kann. Drücken wir aber auf die Taste, dann leuchtet unsere LED. Wir haben den Stromkreislauf geschlossen.

Wichtig: Die Leuchtdiode darf niemals ohne den 1 KΩ-Widerstand an die Batterie angeschlossen werden. Ohne Widerstand wird die LED sofort zerstört!

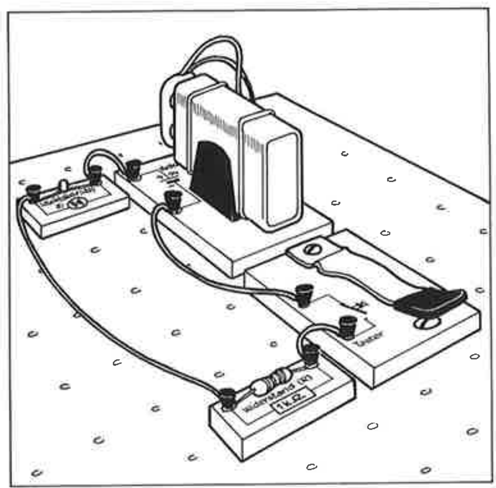
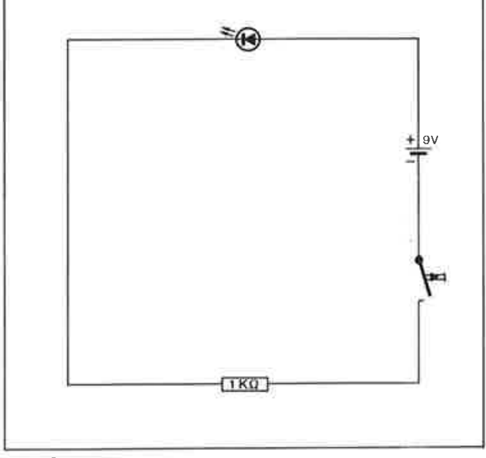


Abb. 1



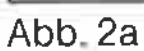


Abb. 2a

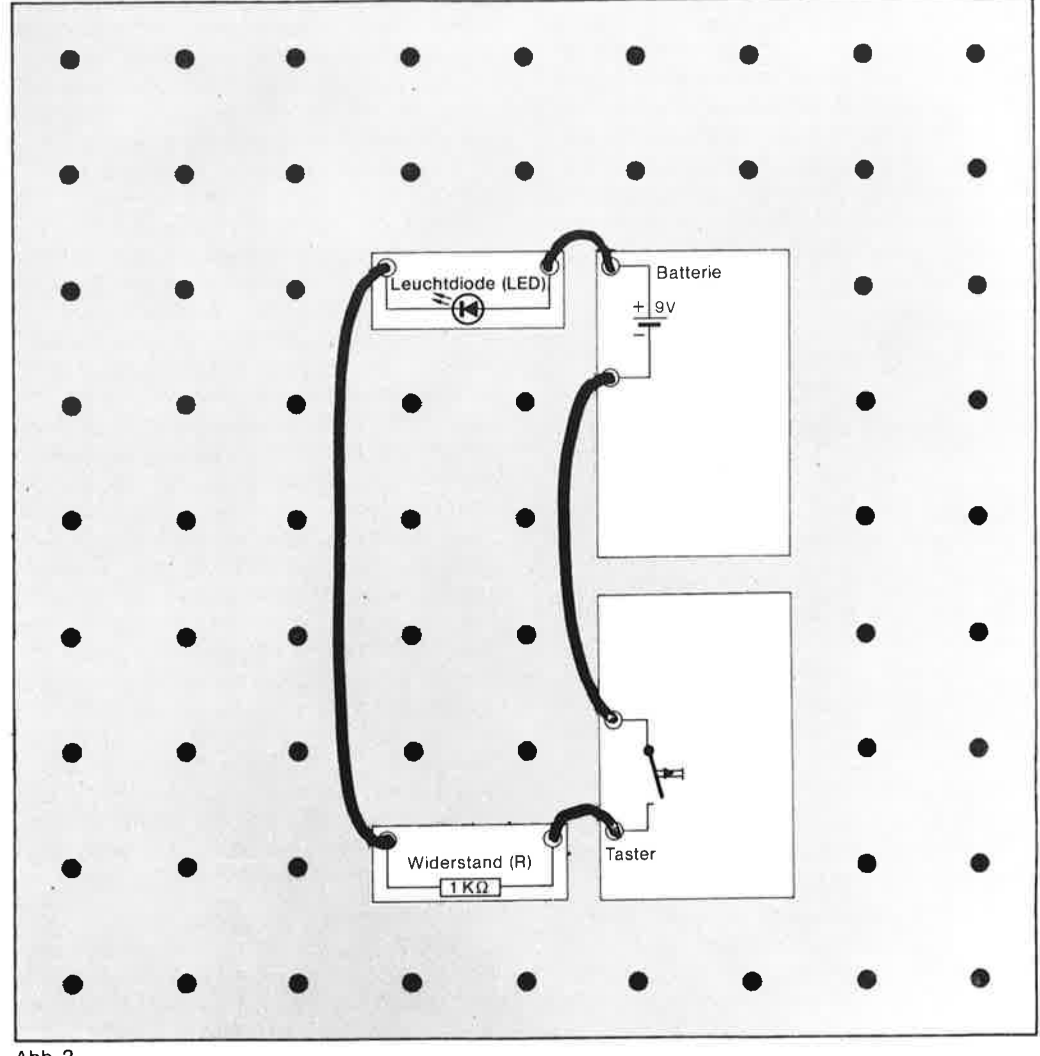


Abb. 2

Warum leuchtet die LED?

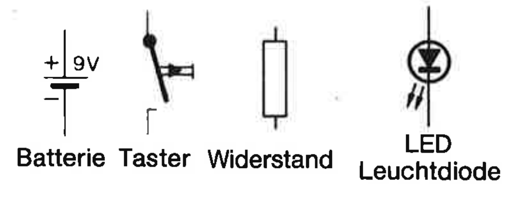
Der Strom aus unserer Batterie fließt durch die Verbindungsleitungen zu der LED. Durch den Stromfluß wird die LED zum Leuchten angeregt. Der Widerstand läßt nur einen kleinen Strom fließen. Ohne Widerstand wäre der Strom zu groß – die LED „brennt durch".

Leuchtdioden wurden viel später erfunden als die altbekannten Glühbirnen, daher zählen LED's zu den modernen elektronischen Bauelementen. Sie benötigen im Gegensatz zu den Glühbirnen nur sehr wenig Strom. Dies schont unsere Batterie. Leuchtdioden haben auch keine Glühfäden, sondern sie werden durch besondere physikalische Eigenschaften zum Leuchten gebracht. Hierdurch ergibt sich eine fast unbegrenzte Lebensdauer.

Die Leuchtdiode hat gegenüber einem Glühbirnchen eine ganz spezielle Eigenheit: wenn sie leuchten soll, muß der Strom in einer bestimmten Richtung fließen. Wenn wir z.B. die LED um 180 Grad drehen oder den von der Batterie kommenden Anschlußdraht auf der linken Seite und die Verbindungsleitung vom Widerstand auf der rechten Seite anschließen, wird unsere LED auch bei niedergedrückter Taste nicht leuchten. Hierauf kommen wir bei späteren Versuchen zurück. Zunächst wissen wir, daß die LED richtig gepolt angeschlossen werden muß.

Aufbauplan und Schaltplan*

Die erste einfache Schaltung haben wir in der Abbildung 1 perspektivisch gezeichnet dargestellt. Komplizierte Schaltungen, wie wir sie später kennenlernen, können auf diese Weise nicht mehr übersichtlich abgebildet werden. Wir sollten uns daher gleich zu Beginn unserer Experimente die international üblichen Schaltzeichen für die einzelnen Bauelemente einprägen:



Diese vier Bauteile haben wir bei unserer ersten Schaltung verwendet.

Bis wir uns daran gewöhnt haben, einen Schaltplan richtig „lesen" zu können, zeigen wir bei den folgenden Versuchen neben dem Schaltplan einen zusätzlichen Aufbauplan, aus welchem nicht nur die Schaltsymbole sondern auch die Lage der Elektronikbausteine ersichtlich sind. Ein derartiger Aufbauplan ist in Abb. 2 dargestellt.

Wie ein Aufbauplan als richtiger Schaltplan aussieht, haben wir in Abb. 2a dargestellt.

Wir müssen jetzt lediglich noch wissen, daß sich überkreuzende Leitungen ohne elektrische Verbindung, wie in Abb. 3 gezeigt, in den Schaltplänen gezeichnet werden. Ergibt sich bei überkreuzenden Leitungen eine elektrische Verbindung, so wird diese durch einen dicken Punkt kenntlich gemacht.

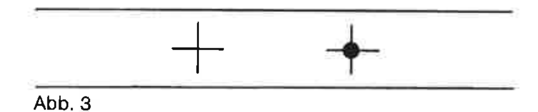


Abb. 3

Was ist eigentlich Strom?* Wie funktioniert er überhaupt?*

Wer lieber weiterexperimentieren möchte, kann dieses Kapitel zunächst überspringen. Für das Verständnis der folgenden Schaltungen ist es jedoch sehr wichtig, daß die nachfolgenden Ausführungen gelesen und verstanden werden.

Bei unseren ersten Versuchen haben wir vom „fließenden Strom" und vom „Stromkreis" gehört. Da man elektrischen Strom (Elektrizität) nicht sehen kann, wollen wir ersatzweise Wasser als bekanntes und sichtbares Element hinzuziehen. Ähnlich wie das Wasser durch einen Schlauch fließt, fließt auch der Strom durch unsere Verbindungskabel. Je dicker der Schlauch, um so mehr Wasser kann fließen. Das gleiche gilt auch für den elektrischen Strom. Das Wasser in unserer Wasserleitung fließt jedoch nur dann, wenn es durch Druck (z.B. eine Pumpe) in Bewegung gesetzt wird. Die Wassermenge, welche am Ende einer Wasserleitung herausfließt, muß am Anfang hineingepumpt werden. Während Wasser nicht unbedingt einen Wasserkreislauf benötigt, sondern auch „auslaufen" kann, ist für den fließenden Strom ein „Stromkreis" unbedingt erforderlich. Wir wollen die Verhältnisse im elektrischen Stromkreis mit denen in einem Wasserstromkreis gemäß Abb. 4 vergleichen: Wir sehen einen Glasbehälter mit beweglichem Kolben. Der Kolben unterteilt den Glaszylinder in eine obere und eine untere Kammer, wobei beide Kammern mit Wasser gefüllt sind. Durch eine außen vorbeilaufende Schlauchverbindung kann das Wasser von der unteren zur oberen Kammer fließen. Hierzu ist allerdings ein Druck notwendig. Was Glaszylinder und Gewicht beim Wasserstromkreis erreichen, bewirkt unsere Batterie im elektrischen Stromkreis. Der Wasserdruck ist gleichbedeutend mit der elektrischen Spannung, die in unserer Batterie erzeugt wird. Spannung mißt man in Volt (V). Unsere Batterie hat eine Spannung von 9 V. Damit die elektrische Spannung einen elektrischen Strom verursacht, ist es notwendig, daß ein Stromkreis geschlossen wird. Die Stärke des fließenden Stroms wird in Ampère (A) gemessen.

Die Spannung verursacht einen elektrischen Strom, sobald die beiden Batterieanschlüsse durch einen Draht miteinander verbunden werden, d. h., sobald ein Stromkreis geschlossen wird. In der Batterie spielt sich dann ein elektrochemischer Vorgang ab, auf den wir hier nicht näher eingehen. Wir werden aber in einem späteren Experiment eine kleine Batterie selbst aufbauen.

Nochmals zurück zur Abb. 4.
Würden wir den Schlauch mit einer Zange fest zusammenpressen, käme der Wasserstrom zum Stehen. Das Gleiche bewirkt in unserer elektrischen Schaltung der Taster. Nur ist es dort genau umgekehrt.
Solange der Taster gedrückt wird, verbindet er die beiden Batterieanschlüsse und bewirkt das Fließen eines elektrischen Stroms. Wird der Taster losgelassen, ist der Stromkreis unterbrochen.

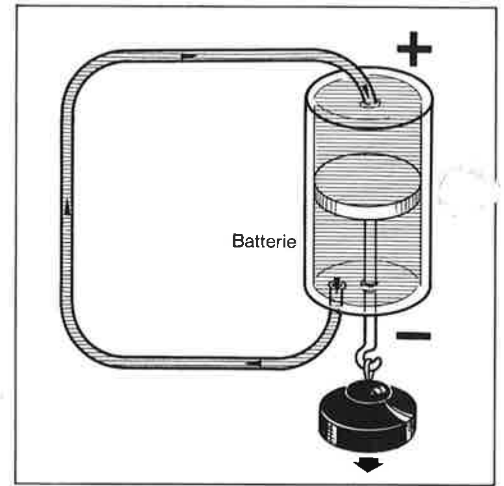


Abb. 4

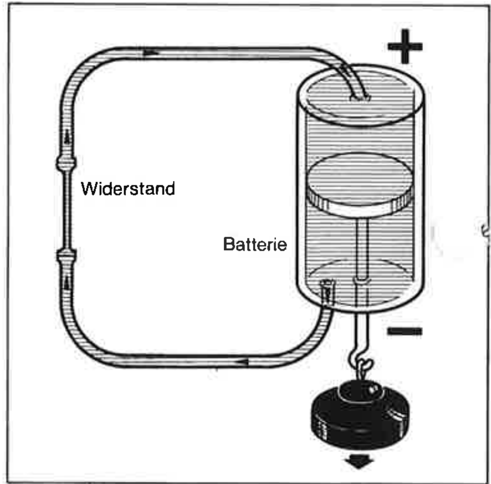


Abb. 5

In Abb. 5 haben wir in die Schlauchverbindung ein sehr dünnes Röhrchen dazwischengeschaltet. Es ist einleuchtend, daß in diesem Wasserstromkreis nun weniger Wasser fließen kann. Das Röhrchen ist in unserem elektrischen Stromkreis der Widerstand, der in gleicher Weise eine geringere Strommenge fließen läßt.

Eine sehr lange Schlauchleitung bremst den Wasserstrom ebenfalls ganz erheblich ab. Ähnlich würde sich bei einem elektrischen Stromkreis eine sehr lange Leitung wie ein Widerstand auswirken. Ein Draht von ca. 1 km Länge behindert den Strom in ungefähr gleicher Weise wie ein 100 Ω-Widerstand.

Im Draht bewegen sich winzig kleine Elektronen*

Die Bewegung des Wassers in einer Wasserleitung ist uns verständlich. Was aber „fließt" in einer elektrischen Leitung? In einem Kupferdraht kann man doch nichts bewegen?

Stellen wir uns vor, wir könnten einen dünnen Kupferdraht unendlich stark vergrößern, so würden wir feststellen, daß der scheinbar feste Kupferdraht in sich gar nicht so fest ist, wie es zunächst aussieht, sondern daß er sich aus Milliarden von kleinsten Teilchen zusammensetzt: Aus lauter winzigen Atomen. Könnten wir diese Atome ebenfalls sehr stark vergrößern, würden wir feststellen, daß das Atom aus einem Kern (Atomkern) und vielen, darumherumwirbelnden kleinsten Elektronenteilchen besteht. Diese Elektronen kreisen um den Atomkern, ähnlich wie der Mond (oder Satelliten) um die Erde. Genau diese Elektronen sind es, die wir in unserem Kupferdraht (durch eine Spannung) bewegen, also durch den Draht fließen lassen.

Nun haben aber die Elektronen das Bedürfnis, sich auszugleichen, d. h. daß zu jedem Atomkern eine ganz bestimmte Anzahl von Elektronen gehört, daß also an jeder Stelle unserer Kupferleitung, die gleiche Menge von Elektronen vorhanden sind. Wir können in einer Leitung nur so viele Elektronen weiterbewegen, wie gleichzeitig von der anderen Seite neue hinzukommen. Dies ist auch in unserem Wasserstromkreis in Abb. 5 dargestellt und zu erkennen. Jetzt wissen wir, daß für die Elektronenbewegung (also für den fließenden Strom) unbedingt ein Stromkreis (-lauf) erforderlich ist, weil an einem Drahtende die Elektronen nicht einfach „auslaufen" können.

In unserer Batterie ist an der einen Anschlußstelle ein Elektronenüberschuß vorhanden, diese Anschlußstelle nennt man eigenartigerweise Minuspol ⊖. An der anderen Anschlußstelle herrscht Elektronenmangel, dies ist der Pluspol ⊕. Verbinden wir beide Anschlußstellen, werden auf der einen Seite Elektronen in die Verbindungsleitung „hineingedrückt" und auf der anderen Seite wird die gleiche Elektronenmenge „herausgesaugt". Dieser Vorgang funktioniert so lange, bis in unserer Batterie der Elektronenmangel einerseits und der Elektronenüberschuß andererseits ausgeglichen ist. Durch die jetzt fehlende „Spannung" ist keine weitere Elektronenbewegung mehr möglich. Wir sagen: „Unsere Batterie ist leer". Wenn die Elektronen (wie bei unserer Batterie) immer in der gleichen Richtung fließen, nennt man diesen Strom einen Gleichstrom.

Die Abb. 7 demonstriert einen solchen Elektronenausgleich. Zunächst ist der mit ⊖ bezeichnete Glasbehälter voll (es herrscht Elektronenüberschuß). Durch eine Verbindungsleitung füllt sich der mit ⊕ bezeichnete leere Behälter solange, bis in beiden Behältern der gleiche Stand, also der Elektronenausgleich erreicht ist. Würden wir die beiden Anschlußkontakte unserer Batterie mit einem dicken Kupferdraht verbinden, wäre sie sehr schnell „leer". Durch einen dazwischengeschalteten Widerstand (wie in Abb. 5 demonstriert), dauert der Elektronenausgleich sehr viel länger. Dies zeigt uns, daß auch das kleine Bauteil „Widerstand" eine ganz erhebliche Bedeutung in der Elektronik hat.

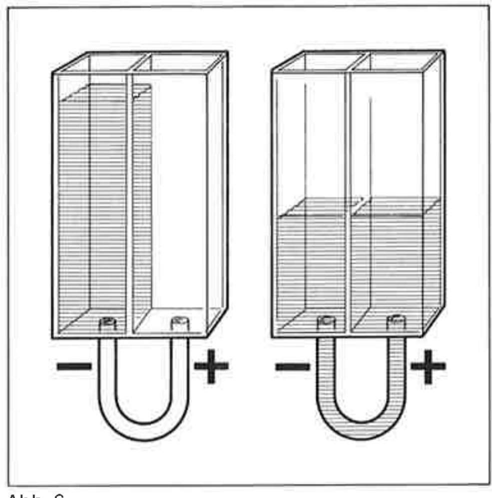
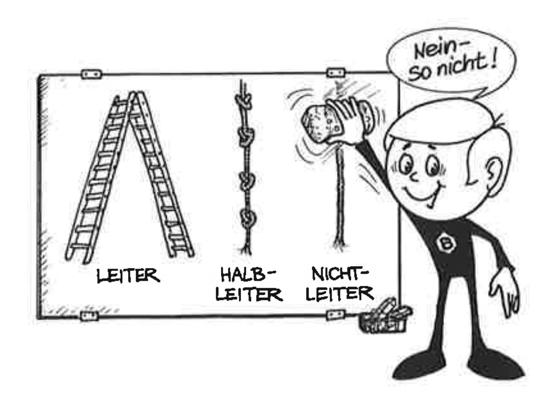


Abb. 6

Leiter und Nichtleiter

Wir wissen jetzt, daß sich in einem Kupferdraht Elektronen bewegen können, wenn eine entsprechende Spannung vorhanden ist. Kupfer ist für einen Elektronenfluß besonders gut geeignet. Auch in Gold, Silber, Aluminium, Eisen und dergl. lassen sich die Elektronen leicht bewegen. Deshalb sind solche Materialien „gute Leiter". Es gibt aber auch Materialien, deren Elektronen durch Spannung schwer oder gar nicht bewegbar sind. In ihnen kann kein Strom fließen. Diese Materialien nennt man „Nichtleiter". Z. B. werden Kunststoffe, Gummi, Porzellan usw. durch ihre nichtleitende Eigenschaft zum Isolieren von stromführenden Materialien verwendet. Die Verbindungsleitungen in unserem Electronic-Studio haben einen isolierenden Außenmantel, damit der Strom nicht unbeabsichtigt andere Wege geht, als wir dies in unseren Schaltungen wünschen.



Der Widerstand*

Jeder elektrische Leiter (auch ein Verbindungskabel, vor allem wenn es sehr lang ist) stellt einen elektrischen Widerstand dar. Er behindert den Stromfluß.

Das Bauelement Widerstand ist ein mit zwei Anschlußdrähten versehenes isoliertes Röhrchen, auf welchem eine mehr oder weniger gut leitende Schicht aufgebracht ist. Unsere Widerstände sind aus Keramik bzw. Porzellan mit einer Kohleschicht, die durch einen Lacküberzug isoliert ist. Die Dicke und die Zusammensetzung dieser Kohleschicht entscheidet über den Widerstandswert. Er wird in Ohm (Ω), Kilo-Ohm ($k\Omega$) oder Mega-Ohm ($M\Omega$) angegeben. Der Wert ist auf dem Widerstand durch Farbringe (Farbcode siehe Anhang) dargestellt.

Die Leuchtdiode (LED) – ein Halbleiter-Bauelement!

Während Leiter und Nicht-Leiter seit langem bekannt sind, wurden die Eigenschaften von sogenannten „Halbleitern" erst Mitte unseres Jahrhunderts entdeckt. Halbleitermaterialien, wie z. B. Silicium und Germanium sind Stoffe mit einer elektrischen Leitfähigkeit zwischen Leiter und Nichtleiter. Sie sind normalerweise weder als Leiter noch als Isolatoren geeignet. Erst durch die komplizierte chemische und physikalische Behandlungen (Diffusionsverfahren) erhalten sie eine gute und vor allem „steuerbare" Leitfähigkeit.

Dioden und Leuchtdioden werden aus solchen Halbleiter-Stoffen hergestellt. Eine Diode ist mit einem „elektrischen Ventil" vergleichbar. Sie läßt den Strom nur in einer Richtung fließen. Ihre beiden Anschlüsse heißen Kathode (als dicker Querstrich gezeichnet) und Anode (als Pfeil gezeichnet). Der Stromfluß ist nur in Pfeilrichtung möglich, während in entgegengesetzter Richtung der Stromfluß gesperrt wird. Daher sind Dioden ideal zur Gleichrichtung von Wechselspannungen oder zur einseitigen Gleichstromsperrung bestimmter Leitungswege. Wir haben diese Eigenschaft im Kapitel „Wir bauen einen Stromkreis" (s. Abb. 2) bereits kennengelernt. Die Sperrfunktionen der verschiedenen Halbleiterbauelemente, wie z.B. Dioden, Transistoren, IC's usw. werden bei vielen elektronischen Schaltungen ausgenutzt.

Der Kondensator – ein Energiespeicher*

Um die Funktion eines Kondensators kennenzulernen, bauen wir den Versuch gem. Aufbauplan Abb. 7 (Schaltplan 7a) auf. Wir verwenden den 100 µF-Elektrolyt-Kondensator (kurz Elko genannt).

Wichtig: Bei Elko's (roter Baustein) muß auf richtig gepolte Anschlüsse geachtet werden, d.h., die beiden mit ⊕ und ⊖ gekennzeichneten Anschlüsse dürfen beim Schaltungsaufbau nicht vertauscht werden.

Nun wollen wir einen Elko aufladen. Hierzu wird die in Abb. 7 punktiert gezeichnete Verbindungsleitung am Pluspol ⊕ des Kondensators einige Sekunden mit dem Pluspol der Batterie verbunden. Anschliessend stellen wir die Verbindungsleitung zwischen dem Pluspol des Elko's mit dem 1 KΩ-Widerstand her. Unsere Leuchtdiode wird kurz aufleuchten und dann langsam verlöschen. Der Kondensator hat sich über die Leuchtdiode entladen.

Wenn wir unseren 100 µF-Elko gegen den 100nF-Scheibenkondensator austauschen und den gleichen Versuch wiederholen, wird die LED nicht aufleuchten. Die Speicherkapazität dieses Scheibenkondensators ist so gering, daß die gespeicherte Energie nicht ausreicht, um die LED zum Leuchten anzuregen.



Elektrolyt-Kondensator

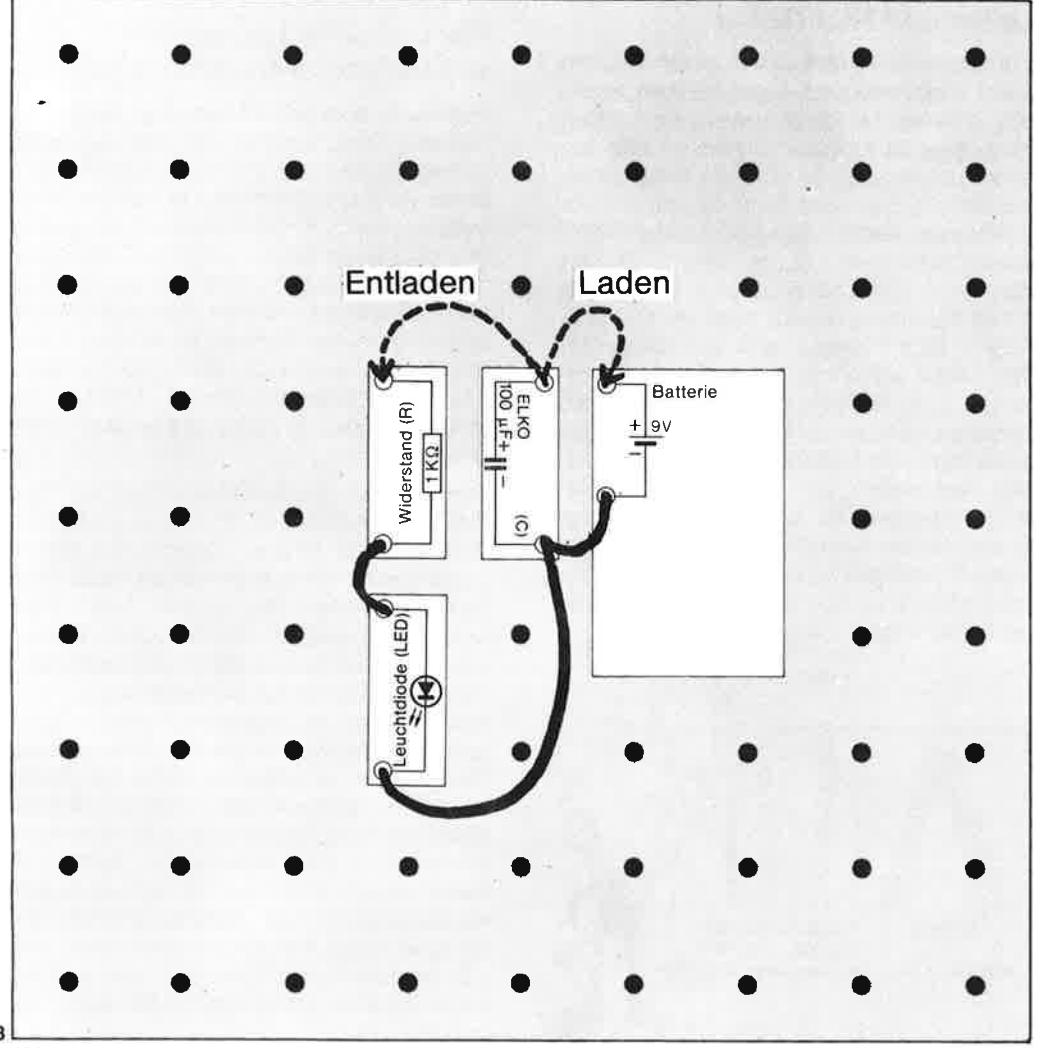


Abb. 7

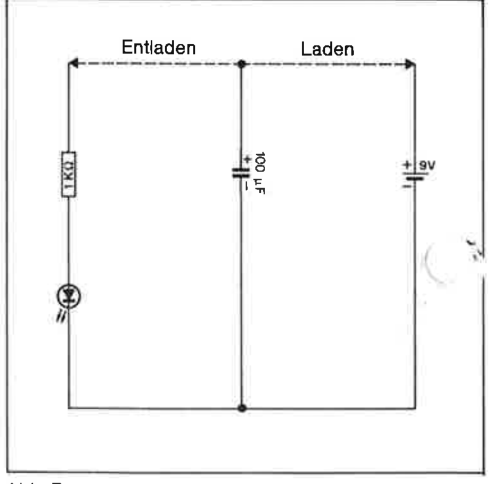


Abb. 7a

Was macht der Kondensator eigentlich?*

Die Funktion des Kondensators wird uns leichter verständlich, wenn wir nochmals die Verhältnisse im elektrischen Stromkreis mit einem Wasserstromkreis vergleichen. Betrachten wir dazu die Abb. 8. Die als Batterie wirkende Einheit aus Zylinder, Kolben und Gewicht kennen wir ja schon aus vorherigen Vergleichen.
Das Gewicht erzeugt im Wasser einen Druck (Spannung) und dieser Druck würde in einem einfachen Kreislauf einen Stromfluß bewirken. In unserer Wasserstromschaltung ist das allerdings etwas komplizierter. Im Stromkreis befindet sich nämlich ein als Kondensator wirkender zweiter kleiner Zylinder, der ebenfalls einen beweglichen Kolben besitzt. Dieser bewegliche Kolben wird durch zwei Federn in Mittelstellung gehalten. Weiter ist in dem Kreislauf eine Engstelle (Widerstand) eingefügt. Die Zugfedern halten den Kolben im Kondensator auf Mittelstellung. Nun bringen wir das Gewicht an und üben damit auf das Wasser einen Druck aus. Wir können uns nun vorstellen, daß sich das Wasser „gebremst" durch den Widerstand, langsam in Bewegung setzt und den Kolben im Kondensator nach oben drückt. Je weiter der Kolben des Kondensators aus der Mittellage verschoben wird, umso stärker werden die Federn gegen diese Bewegung arbeiten. Dies geht so lange, bis sich ein Gleichgewichtszustand einstellt. In diesem Gleichgewichtszustand erzeugen die Federn im Kondensator den gleichen Druck (Spannung) wie das Gewicht an der Batterie.

Nun wollen wir versuchen, die Verhältnisse im Wasserstromkreis auf unseren elektrischen Stromkreis zu übertragen. Betrachten wir dazu den Schaltplan Abb. 9, in welchem die Kombination Batterie-Widerstand-Kondensator dargestellt ist. Wir wollen diese Schaltung nicht aufbauen, sie soll uns nur die Erklärung besser veranschaulichen. Nehmen wir an, der Taster 1 wird gedrückt. Dadurch wird der Stromkreis von der Batterie über den Kondensator und Widerstand zurück zur Batterie geschlossen und es wird wie zuvor im Wasserstromkreis ein elektrischer Strom den Kondensator „durch"fließen. Es fließt ein kleiner Strom, weil er durch den Widerstand begrenzt ist. Im Wasserkondensator würde dabei die Federkraft immer größer werden. Übertragen auf den elektrischen Stromkreis bedeutet dies, daß die Spannung am Kondensator langsam ansteigt.

Der durch den Kondensator fließende Strom wird immer kleiner und er hört schließlich auf zu fließen sobald die Spannung am Kondensator genau so groß ist wie an der Batterie. Damit ist der Kondensator auf die Batteriespannung aufgeladen.

Lassen wir jetzt den Taster 1 los, dann bleibt die in den Kondensator hineingeflossene Ladungsmenge und die anstehende Spannung im Kondensator gespeichert. Auf den Wasserstrom übertragen, ergibt sich die in Abb. 10 dargestellte Situation. Dort hat die durch den Kondensator ge-

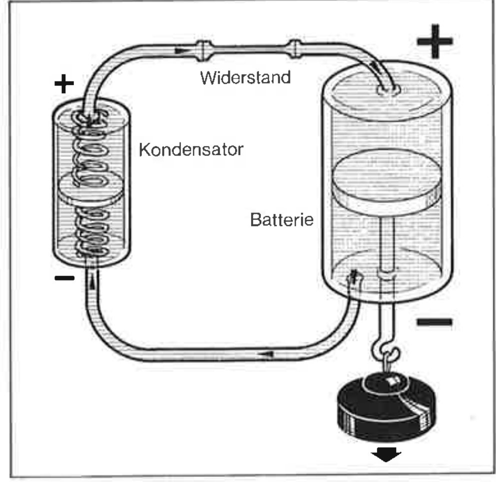


Abb. 8

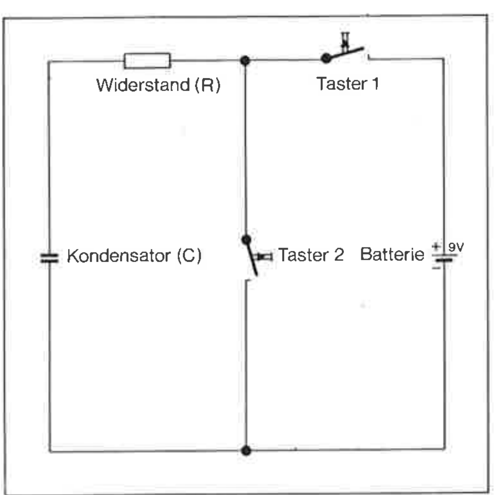


Abb. 9

flossene Strommenge die Federn gespannt. Durch den mit einer Zange abgequetschten Schlauch ist keine Wasserstrombewegung möglich, die Federn bleiben in der gespannten Position. Nun wollen wir unseren Kondensator entladen. Im elektrischen Stromkreis drücken wir für diese Entladung den Taster 2. Im Wasserstromkreis wäre dieser Vorgang gleichbedeutend, wenn wir die Quetschstelle des Schlauches freigeben. Nun wird in beiden Leitungssystemen ein Strom fließen. Der Strom wird angetrieben durch die im Kondensator gespeicherte Kraft und er wird behindert durch den im Stromkreis eingefügten Widerstand. Der Strom kommt zum Stillstand, sobald sich die Federn völlig entspannt haben und somit am Kondensator keine Spannung mehr ansteht.



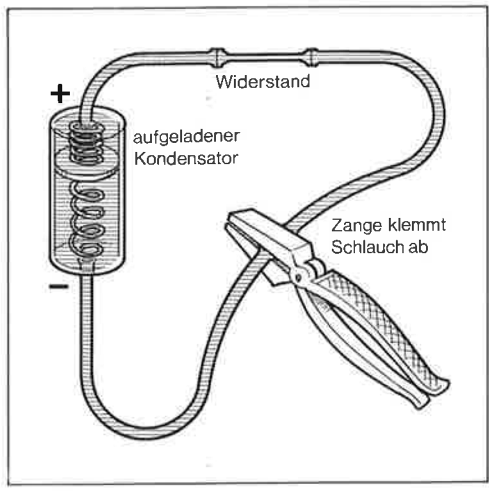
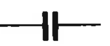


Abb. 10

Der Kondensator*



Ein Kondensator besteht aus 2 voneinander isolierten Platten, die eine bestimmte Strommenge speichern können. Die Größe dieser Speichermöglichkeit nennt man Kapazität. Diese Kapazität wird in Farad gemessen.

nF = Nanofarad
µF = Mikrofarad

In unserem Electronic-Studio sind Elektrolytkondensatoren „Elkos" enthalten, deren Kapazität in µF angegeben ist. Diese Elkos haben eine größere Speicherkapazität gegenüber den ebenfalls vorhandenen „keramischen Scheibenkondensatoren", deren geringere Kapazität in nF angegeben wird.

Die Kapazität eines Kondensators ist um so größer, je größer die Fläche der beiden Platten ist. Außerdem ist sie um so größer, je näher sich die beiden Platten gegenüberstehen. Dies führt zu unterschiedlichen Bauformen der Kondensatoren.

Das Herz des Digital-Studios: Der IC-Zähler-Baustein



Die uns bisher bekanntgewordenen Bauelemente haben verhältnismäßig einfache Funktionen. Ganz anders ist der IC-Zähler-Baustein (Abb. 11). Er stellt eine komplette Schaltung dar, weil mehrere und teilweise sehr teuere Bauelemente auf einer sogenannten Platine miteinander verbunden sind. Wir sollten diesen Baustein mit ganz besonderer Sorgfalt behandeln, weil er bei allen jetzt folgenden Experimenten im Mittelpunkt stehen wird.

Die Zentraleinheit IC-Zähler-Baustein hat einen verhältnismäßig hohen Stromverbrauch. Die Versuche sollten daher zur Schonung der Batterie nur kurzfristig in Betrieb genommen werden. (Für länger andauernde Experimente oder für Geräte, die im Dauerbetrieb eingesetzt werden sollen, ist die Verwendung des speziellen Netzgerätes 2059 zu empfehlen).

Um den IC-Zähler-Baustein vor Schäden zu bewahren, sollten wir die folgenden Experimente und Erklärungen unbedingt beachten.

Inbetriebnahme des IC-Zähler-Bausteines
Bevor wir uns mit den verschiedenen Bau-Elementen befassen, die auf den IC-Zähler-Baustein montiert sind, wollen wir zunächst eine einfache Schaltung aufbauen. Hierfür verwenden wir die Batterie, den Taster und den IC-Zähler-Baustein. Wir nehmen die Verdrahtung nach Aufbauplan 12 (Schaltplan 12a) vor.

Sehr wichtig: Wir prägen uns nochmals ein, daß die Batterie grundsätzlich immer als letztes Bauteil angeschlossen wird. Zuvor haben wir uns vergewissert, daß die Schaltung genau dem vorgeschriebenen Aufbauplan entspricht. Nach Beendigung (oder bei Änderung) eines Versuchsaufbaues wird immer zuerst die Verbindung zur Batterie unterbrochen.

Hierdurch vermeiden wir, daß ein Bauelement (vielleicht ohne daß wir es merken) zerstört oder die Batterie unbeabsichtigt entladen wird. **Beim IC-Zähler-Baustein achten wir besonders darauf, daß die Leitung vom Pluspol der Batterie nur zu dem mit ⊕ 9 V gekennzeichneten Anschluß des IC-Zähler-Bausteines führen darf.** Würden wir die Batterie versehentlich an der mit ⊕ 5 V gekennzeichneten Buchse anschließen, werden wichtige (und teuere) Bauelemente des IC-Zähler-Bausteines zerstört. Wir benutzen auch für die weiter herzustellenden

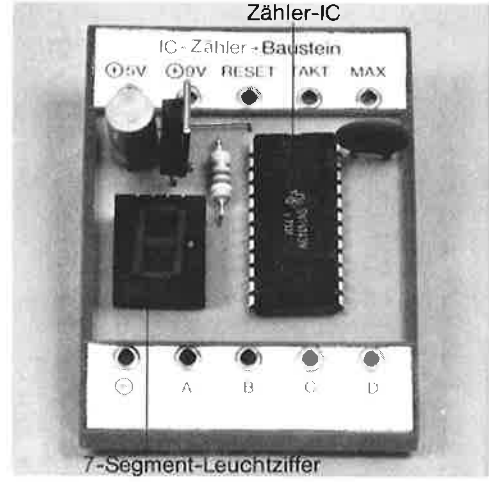


Abb. 11

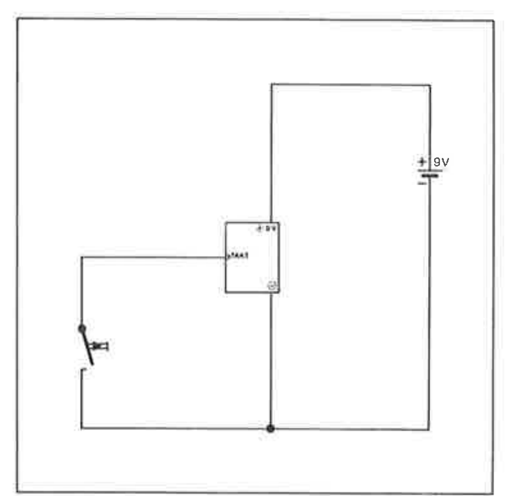


Abb. 12a

Verbindungsleitungen immer nur die Anschlußbuchsen des IC-Zähler-Bausteines, die auch in den Aufbauplänen kenntlich gemacht sind.

Nachdem der Schaltungsaufbau kontrolliert wurde, schließen wir die Batterie an. Nun muß die aus sieben Segmenten bestehende Leuchtanzeige die Zahl „8" anzeigen. (Ist dies nicht der Fall, sofort Batterie abklemmen und die Schaltung nochmals überprüfen). Drücken wir jetzt den Taster, dann springt die Leuchtanzeige auf eine andere Zahl. Dies wiederholt sich bei jedem Tastendruck mit unregelmäßiger Zahlenfolge.

Wie funktioniert diese Schaltung?
Bei gedrücktem Taster (siehe Schaltplan 12a) wird der Minuspol der Batterie über den Taster an den mit „Takt" gekennzeichneten Eingang des IC-Zähler-Bausteins gelegt. Der IC erhält einen Impuls. Die Leuchtanzeige des IC-Zähler-Bausteines springt mit jedem Impuls eine Zahl weiter. Ohne daß wir es merken, federt unser Taster, wodurch mitunter nicht nur ein Impuls, sondern mehrere Impulse erzeugt werden. Der Fachmann sagt „Der Taster prellt". Wir können uns bemühen, so oft wir wollen, es wird nur in ganz wenigen Fällen gelingen, den Taster so niederzudrücken, daß nur ein Impuls und damit eine fortlaufende Zahlenfolge erreicht wird. Der nächste Versuch wird uns zeigen, wie wir das in der Digitaltechnik gefürchtete „Kontakt-Prellen" unterbinden können.

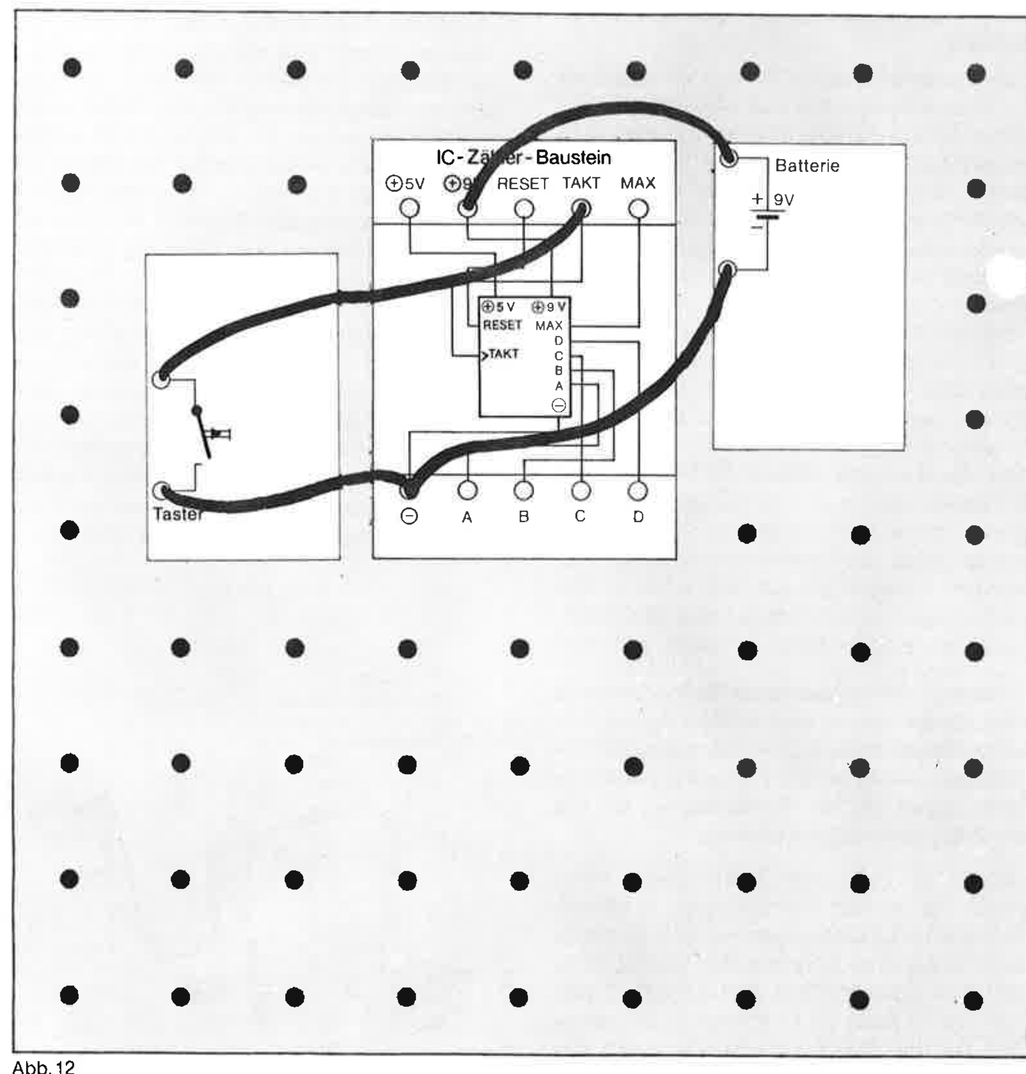


Abb. 12

Schaltsymbol IC-Zählerbaustein

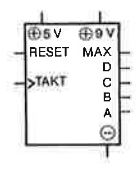


Abb. 13

Der Schaltplan 12a zeigt übersichtlich, wie die 3 verwendeten Bauelemente zu verdrahten sind. Es fällt uns jedoch auf, daß für unseren IC-Zähler-Baustein kein spezielles Schaltungssymbol (wie z.B. bei Elko's oder Widerständen usw.) verwendet wird. Für komplizierte IC's (unser Zähler IC ist ein solcher) wird lediglich ein Rechteck und die benutzten Anschlüsse gezeichnet. In unserem Falle also die Anschlüsse: Takt, ⊕ 9 V, ⊖. Diese Zeichnungsanordnung sagt uns gleichzeitig, daß alle übrigen Anschlüsse des IC-Bausteines nicht benutzt werden [illegible]en. Das Schaltsymbol Abb. 13 zeigt alle, also auch die beim vorangegangenen Versuch nicht benutzten Anschlußmöglichkeiten.

Elektronischer Zähler

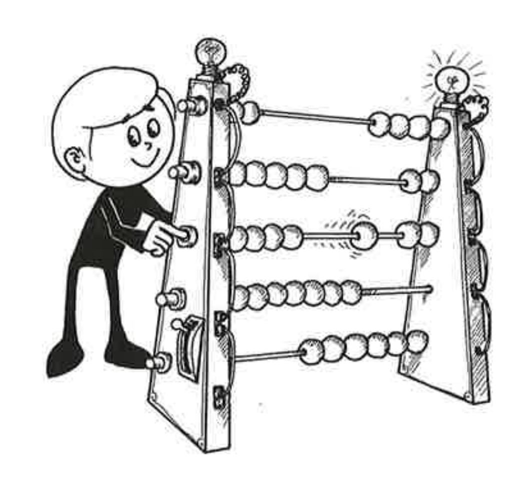
Der Versuch gem. Aufbauplan 14 bringt uns einen richtig funktionierenden elektronischen Zähler. Vor Anschluß der Batterie werden wir den Aufbau genauestens kontrollieren. Am IC-Zähler-Baustein die Anschluß-Buchsen ⊕ 5 V und ⊕ 9 V nicht verwechseln!

Sobald die Batterie angeschlossen wird, leuchtet wieder die Zahl „8". Bei jedem Tastendruck zeigt die Leuchtanzeige die nächst folgende Zahl. Wenn wir die Vorgänge genau beobachten, stellen wir fest, daß nicht beim Tastendruck, sondern erst beim Loslassen des Tasters die nächste Zahl erscheint. Gegenüber dem vorangegangenen Versuchsaufbau haben wir zusätzlich einen Widerstand und einen Elko eingesetzt und damit die „Entprellung" des Tasters erreicht.



Wie funktioniert diese Schaltung?

Wir sehen uns den Schaltplan 14a genauer an: Bei nicht betätigtem Taster wird der Elko über den 1 KΩ-Widerstand aufgeladen, d.h., es gelangt eine positive Spannung vom Pluspol der Batterie an den „Takt"-Eingang des Zähler-Bausteines. Aus dem Schaltplan ist es allerdings nicht ersichtlich, daß zwischen den Anschluß-Buchsen ⊕ 9 V und ⊕ 5 V des IC-Zählerbausteines eine indirekte Verbindung über den im Baustein enthaltenen Spannungsregler besteht. Dieser Spannungsregler reduziert die 9 V-Batterie-Spannung auf die für den IC-Betrieb erforderliche 5 V-Spannung. Alle in dieser Beschreibung genannten Spannungen beziehen sich immer auf den Batterie-Minus-Pol.



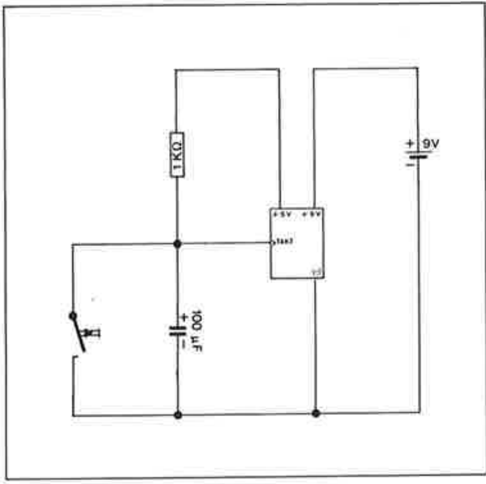


Abb. 14a

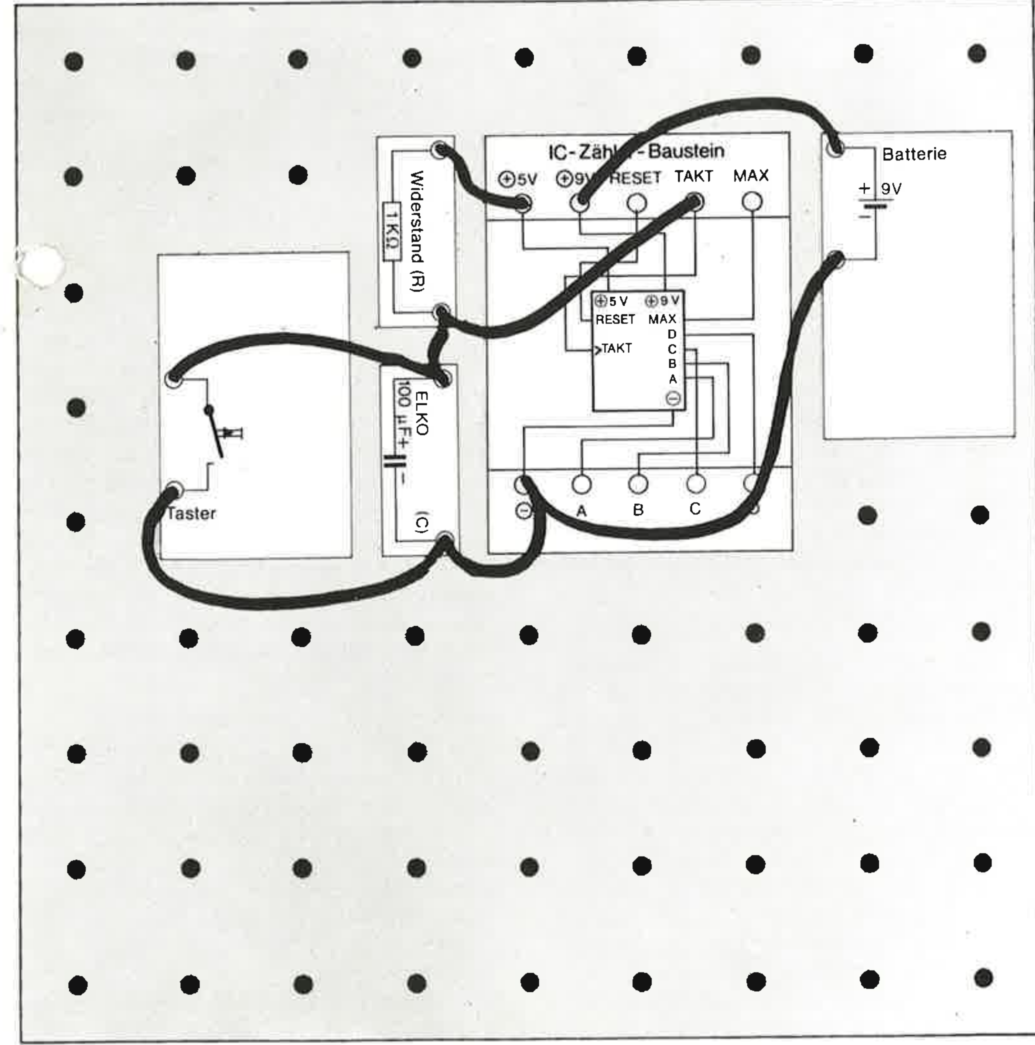


Abb. 14

Sobald wir den Taster betätigen, entlädt sich der Elko, weil sein Plus- und Minuspol durch Schließen des Tasters überbrückt wird. Über den geschlossenen Taster entsteht gleichzeitig eine Verbindung vom Minuspol der Batterie zum „Takt"-Eingang des Zähler-Bausteins, d.h., daß jetzt keine Spannung zwischen „Takt"-Eingang und Batterie-Minus-Pol vorhanden ist. Dieser Zustand bleibt erhalten, solange der Taster niedergedrückt wird. Die dabei entstehenden Prellungen des Tasters bleiben unwirksam, weil die Kombination 1 kΩ-Widerstand mit dem Elko den „Prelleffekt" ausfiltert. Dies ergibt sich ganz einfach dadurch, weil der Elko über den 1 kΩ-Widerstand nur langsam aufgeladen wird. Die Aufladezeit ist erheblich länger als die durch den Taster entstehenden „Prell-Impulse". Somit kann sich der Elko aufladen, d.h. die Spannung am Elko bzw. am Takt-Eingang steigt an. Sobald die Spannung zwischen Takt-Eingang und Minuspol ca. 1 V überschreitet, schaltet der Zähler eine Zahl weiter. Wir erkennen, daß nicht der eigentliche Tastendruck für die Änderung der Leuchtziffer verantwortlich ist, sondern daß die von negativ nach positiv geänderte Spannung den Zählvorgang auslöst.

Der IC-Zähler-Baustein



Wir wollen unseren komplizierten Zählerbaustein etwas näher kennenlernen. Auffallend ist der große rechteckige IC. Er ist das wichtigste und empfindlichste Element unseres Digital-Studios. Dieser IC übernimmt die Zähl- und Steuerfunktionen. Wie er im einzelnen funktioniert, werden wir noch im Verlauf der folgenden Experimente kennenlernen.

Das vom IC ermittelte Ergebnis wird an die 7-Segment-Leuchtanzeige weitergegeben. Wir haben schon festgestellt, daß durch die 7 Balken (Segmente) der Leuchtanzeige jede beliebige Zahl zwischen 0 und 9 dargestellt werden kann. Die einzelnen Segmente bestehen aus entsprechend angeordneten Leuchtdioden.
Jedes Segment kann vom IC einzeln angesteuert werden. Hinter der Leuchtanzeige erkennen wir ein stehendes, schwarzes Bauelement. Die darüber hinausragende Metallfläche dient als Kühlfläche. Es handelt sich um den bereits angesprochenen „Spannungsregler". Fast alle digitalen IC's arbeiten mit einer konstanten Spannung von 5 V. Sie sind empfindlich gegen Über- bzw. Unterspannungen. Da einerseits 5 V-Batterien nicht gebräuchlich sind und außerdem die Spannung nach einiger Zeit absinken würde, verwenden wir unsere 9 V-Batterie (bzw. unser 9 V-Netzgerät). Der Spannungsregler sorgt dafür, daß die benötigte gleichmäßige 5 V-Spannung konstant zur Verfügung steht. Wenn allerdings unsere Batterie nach längerer Experimentierzeit unter 5 V-Spannung absinkt, kann auch unser Spannungsregler nicht mehr helfen. Bei längerer Betriebsdauer wird der Spannungsregler warm. Dies hat für uns keinerlei Bedeutung.
Auf unserem Zähler-Baustein erkennen wir noch einen Widerstand, einen Elko und einen keramischen Scheibenkondensator. Diese Bauelemente übernehmen Schutzfunktionen und filtern evtl. Störimpulse aus, welche durch andere Schaltungsteile oder durch das Netzgerät in den IC gelangen könnten.

Was ist ein IC?

IC ist die Abkürzung für integreated circuit. Teilweise spricht man auch von IS als Abkürzung für integrierter Schaltkreis.

Unter einem integrierten Schaltkreis verstehen wir eine in sich abgeschlossene funktionsfähige Schaltung, in welcher alle notwendigen Bauelemente auf sehr kleinem Raum enthalten (integriert) sind. Es gibt tausende verschiedener IC-Typen, wobei jeder Typ für eine ganz spezielle Funktion ausgelegt ist. Unser IC ist ein Zähler-IC. Er enthält alle Bauelemente zum Zählen von Signalen und deren Anzeige mit Hilfe einer 7-Segment-Leuchtanzeige. Außer solchen Zähler-IC's gibt es z.B. Gatter-IC's (die wir im nächsten Versuch kennenlernen), Uhren-IC's (für elektronische Quarzuhren), Rechen-IC's (für Elektronenrechner), oder auch Verstärker-IC's (wie er im Electronic-Studio „IC-Verstärkertechnik 2072" enthalten ist).

Die meisten industriell vorgefertigten integrierten Schaltkreise werden in der sogenannten „Monolith-Technik" hergestellt. Auch die in unserem Digital-Studio enthaltenen IC's sind monolithische IC's.

„Monolith-Technik" bedeutet „Ein-Stein-Technik", d.h., daß solche IC's aus einem kleinen Halbleiter-Stein (Halbleiter-Chip) hergestellt werden. Halbleiter haben wir bereits bei den Versuchen mit unserer Leuchtdiode kennengelernt.

Unser Zähler-IC hat eine winzige Halbleiter-Fläche von etwa 2 Quadrat-Millimeter. Durch Einsatz einer komplizierten Technik werden auf dieser winzigen Fläche Transistoren, Dioden, Widerstände usw. eingearbeitet. Unser Zähler-IC enthält ca. 350 Transistoren, genausoviele Widerstände und ca. 150 Dioden.

Warum hat der IC trotz dieses mikroskopisch kleinen Innenlebens eine respektable Größe? An den Längsseiten des IC erkennen wir jeweils 12 Anschlußbeinchen (Lötfahnen). Wenn wir unseren Zählerbaustein von unten ansehen, können wir feststellen, daß alle 24 Anschlußbeinchen mit den Kupferbahnen der Platine verlötet sind. Diese Lötpunkte benötigen einen gewissen Abstand und nur deshalb ergibt sich die Größe des IC's. Im Innern des kleinen schwarzen Kunststoffgehäuses führen hauchdünne Goldfäden (dünner als ein Haar) vom beschriebenen Miniatur-Halbleiter-Chip zu den Anschlußbeinchen.

Grundelement der Digitaltechnik: Das Gatter

Wir haben zuvor einen elektronischen Zähler gebaut und mit wenigen Handgriffen in Betrieb genommen, ohne zu ahnen, daß wir mit diesem Versuch bereits sehr tief in die Materie der Digitaltechnik vorgedrungen sind. Durch Tastendruck haben wir hunderte von elektronischen Bauelementen in unserem IC-Zähler angesteuert, wobei uns vielleicht erst jetzt bewußt wird, daß wir durch die Wiederholung des Tastendrukkes immer wieder eine andere Zahl von 0 bis 9 erzielten. Unser IC wußte, daß nach 0 eine 1, danach die 2, dann die 3 usw. erzielt werden sollten. Wie ist das möglich?

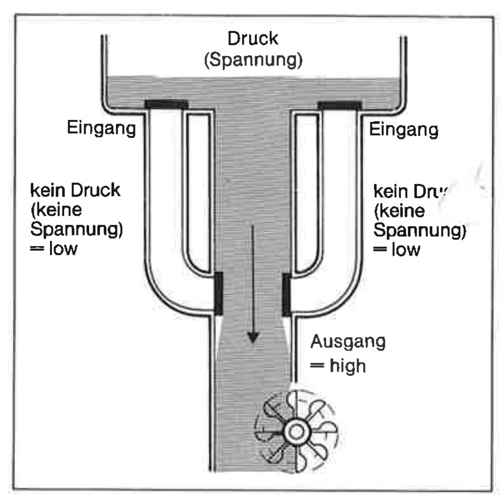


Abb. 15a

Wenn wir die elektronischen Zusammenhänge bei den späteren Versuchen verstehen wollen, müssen wir uns jetzt in Theorie und Praxis mit dem digitalen Grundelement, dem „Gatter", auseinandersetzen. Falls wir bereits ein Elektronikstudio 2060, oder 2070 besitzen, dann wissen wir, daß man einen Transistor auch als einen eletronischen Schalter bezeichnen könnte. Ein „Ga[illegible] besteht aus mehreren Transistoren, Wi[illegible]ständen und Dioden. Wir wollen es zunächst als elektronisch gesteuertes Schaltelement bezeichnen. Vier Schaltkombinationen ergeben zwei Schaltzustände. Wir wollen diese mit „Low" (L) und „High" (H) bezeichnen. Bei tabellarischen Darstellungen (die wir später noch kennenlernen) ist es oftmals zweckmäßig „Low" durch „0" und „High" durch „1" zu ersetzen. Bleiben wir jedoch zunächst bei dem aus dem englischen kommenden „Low" (nieder) gleichbedeutend mit „keine Spannung vorhanden", bzw. „High" (hoch) gleichbedeutend mit „Spannung vorhanden".

Da sich die beiden Schaltzustände „Low" und „High" durch 4 Schaltkombinationen ergeben, konstruieren wir uns ein Beispiel, in dem Wasser und Druck die Funktionen von Elektronen und Spannung übernehmen. Wir sollten uns allerdings darüber im klaren sein, daß unser „Wasser-Gatter" nur theoretisch betrachtet werden sollte. Die Abbildungen 15a bis 15d symbolisieren die 4 Schaltzustände.
Wir stellen uns einen mit Wasser gefüllten Behälter vor, aus welchem 3 Leitungen nach

unten führen, die in einer Ausgangsleitung münden. Durch die Wassersäule ergibt sich ein Druck (Spannung). In Abb. 15a sind die Eingänge der beiden äußeren Ventil-Steuerungsleitungen geschlossen, was in unserem Beispiel bewirken könnte, daß die Ventile der Hauptwasserleitung am „Ausgang" geöffnet sind (Elektronisch gesehen wäre der Taster in einem Stromkreis geöffnet). Das Wasser kommt unbehindert aus der Ausgangsleitung und treibt ein Turbinenrad. Die Eingänge unserer Ventilsteuerleitung sind „Low": kein Druck (keine Spannung) vorhanden. Der Ausgang unseres „Wasser-Gatters" ist „High": Druck (Spannung) vorhanden. Das war die erste der 4 möglichen Schaltkombinationen.

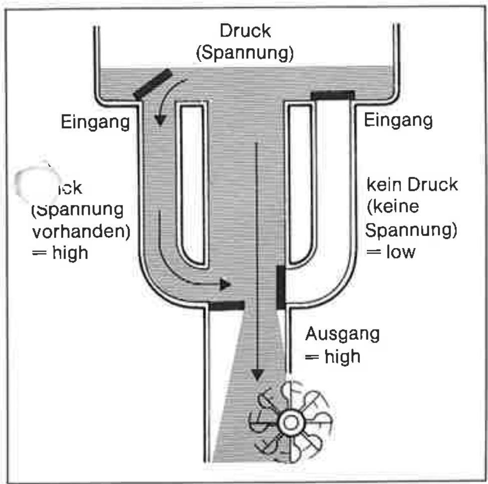


Abb. 15b

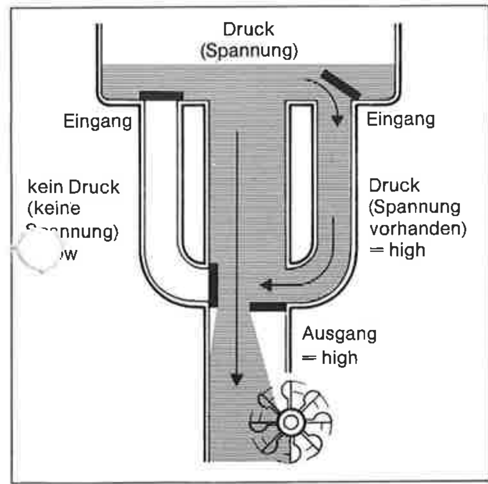


Abb. 15c

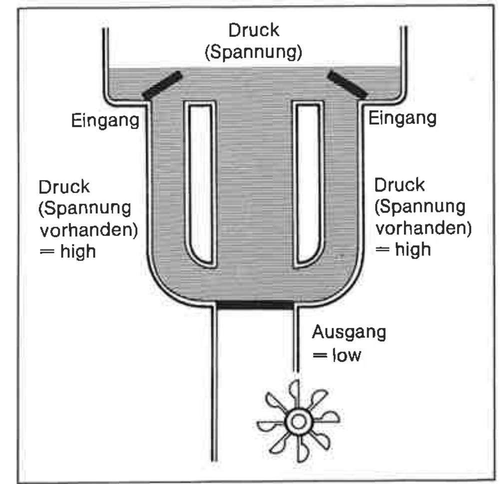


Abb. 15d

In der Abb. 15b ergibt sich eine leichte Abwandlung. Am linken Eingang ist jetzt ein Wasserdruck (Spannung) vorhanden, das Ventil in der Ausgangsleitung wurde geschlossen (Taster im Stromkreis geschlossen). Der Eingang der linken Steuerleitung ist nun nicht mehr „Low" sondern „High". Am Ausgang unserer Hauptwasserleitung wird die Turbine durch den immer noch austretenden Wasserdruck auch weiterhin in Bewegung gehalten. Der Ausgang ist also weiterhin „High". Obwohl wir eine 2. Schaltkombination bewirkten, ist dennoch der ursprüngliche Zustand der sich drehenden Turbine am Ausgang erhalten geblieben.

Die Abb. 15c demonstriert uns den 3. Schaltzustand: Die linke Steuerleitung ist wieder „Low" (kein Druck vorhanden), während jetzt die rechte Steuerleitung „High" geworden ist und durch den Wasserdruck das halbseitige Ventil in der Ausgangsleitung sperrt. Die Wasserturbine läuft immer noch, weil der Ausgang nach wie vor „High" geblieben ist.

Erst in der Abb. 15d haben wir mit der 4. Schaltkombination einen anderen Schaltzustand erreicht: Beide Steuerleitungen sind „High", die Ventile am Ausgang sind beidseitig geschlossen, die Turbine steht, der Ausgang ist „Low" geworden, weil kein Druck (Spannung) vorhanden ist.

Ein Gatter mit solchen Funktionen bezeichnet der Fachmann als „Nand-Gatter".
Übertragen wir unsere mit Wasser und Druck gemachten Erfahrungen in die Elektronik, erkennen wir folgende Zusammenhänge:

1. An beiden Eingängen ist keine Spannung vorhanden – sie sind low. der Ausgang ist high (Spannung vorhanden).
2. Der linke Eingang ist high (Spannung vorhanden) – der rechte Eingang ist low (keine Spannung) – der Ausgang bleibt high (Spannung vorhanden).
3. Der linke Eingang ist low, der rechte Eingang ist high, der Ausgang ist ebenfalls immer noch high.
4. Erst jetzt ergibt sich eine Änderung des Schaltzustandes, weil an beiden Eingängen Spannung vorhanden ist, sie sind high. Am Ausgang fehlt die Spannung, der Ausgang ist low geworden.

Wir wollen die Funktionen eines Nand-Gatters in einer übersichtlichen Tabelle zusammenfassen. In der Abbildung 16a verwenden wir „L" für low und „H" für high. Die Tabelle 16b zeigt das gleiche Ergebnis, indem für low „0" und für high „1" eingesetzt wurde. Solche Tabellen werden „Wahrheitstabellen" genannt.

Wahrheitstabelle und Schalt-Zeichen eines Nand-Gatters



Eingang 1	Eingang 2	Ausgang
L	L	H
H	L	H
L	H	H
H	H	L

Abb. 16a

Eingang 1	Eingang 2	Ausgang
0	0	1
1	0	1
0	1	1
1	1	0

Abb. 16b

Das elektronische Schaltsymbol für ein Nand-Gatter ist in Abbildung 17 dargestellt. Wir können auch dort wieder die beiden Eingänge und einen Ausgang erkennen. Nachdem uns die Arbeitsweise eines Nand-Gatters klargeworden ist, wollen wir uns im folgenden Versuch erstmalig mit dem IC-Gatter-Baustein beschäftigen.

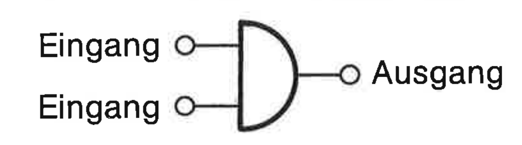


Abb. 17

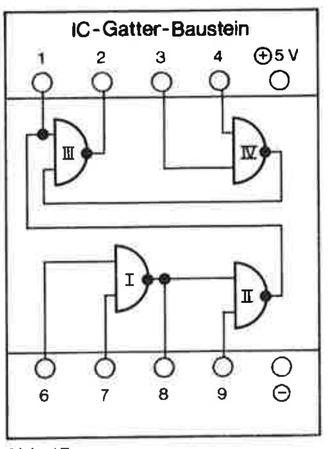


Abb. 17a

Inbetriebnahme des IC-Gatter-Bausteins

Durch Tastendruck LED ausschalten

Wir bauen die Schaltung gemäß Aufbauplan Abb. 18.

Wichtig: Der IC-Gatter-Baustein darf niemals drekt an die 9-Volt-Batteriespannung angeschlossen werden. Seine Betriebsspannung ist 5 Volt. Aus den vorangegangenen Versuchen wissen wir, daß innerhalb des IC-Zähler-Bausteins ein Spannungsregler vorhanden ist, welcher die 9-Volt-Batteriespannung in 5 Volt umwandelt. Somit hat der in dieser Schaltung mitzuverwendende IC-Zähler-Baustein lediglich die Funktion, die für den IC-Gatter-Baustein notwendige 5-Volt-Spannung bereitzustellen. Daß hierbei am Zählerbaustein die Leuchtanzeige ebenfalls in Betrieb genommen wird, sollte uns bei diesem Versuch nicht stören.

Wir sollten noch wissen, daß in unserem IC-Gatter-Baustein insgesamt 4 Nand-Gatter enthalten sind. (siehe Abb. 17a). Es leuchtet daher ein, daß einige Anschlußbuchsen mehr vorhanden sind, die teilweise für den ersten Versuch nicht alle benötigt werden. Da wir nur ein Gatter in Betrieb nehmen, werden zunächst auch nur die Anschlüsse Nr. 6, 7, 8, ⊕ 5 Volt, ⊖ verwendet. Mit den nicht benutzten Anschlüssen wollen wir keine Experimente durchführen, solange wir die Zusammenhänge noch nicht kennen.

Sobald die Batterie (als letztes Bauelement) angeschlossen wird, muß die LED leuchten (die ebenfalls leuchtende Ziffern-Anzeige interessiert uns momentan nicht). Drücken wir den Taster, dann leuchtet die LED nicht mehr.

Was soll dieser aufwendige Versuch, wenn lediglich durch Tastendruck eine LED ausgeschaltet wird?

Wir sehen uns den Schaltplan Nr. 18a an. Die für den Betrieb des Gatters notwendige Betriebsspannung (unabhängig von den Eingangs- bzw. Ausgangssignalen) ist im Schaltplan als punktierte Linie eingezeichnet. Am Schaltungssymbol Nand-Gatter erkennen wir den Eingang 6, der von der 9-Volt-Batterie über den Zählerbaustein und über den geschlossenen Taster eine 5-Volt-Spannung erhält. Der Eingang 7 des Gatters

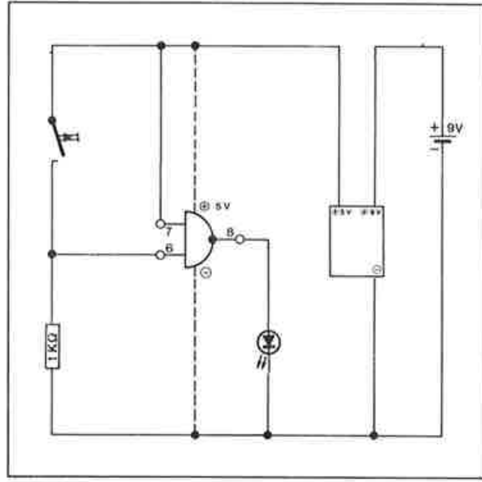


Abb. 18a

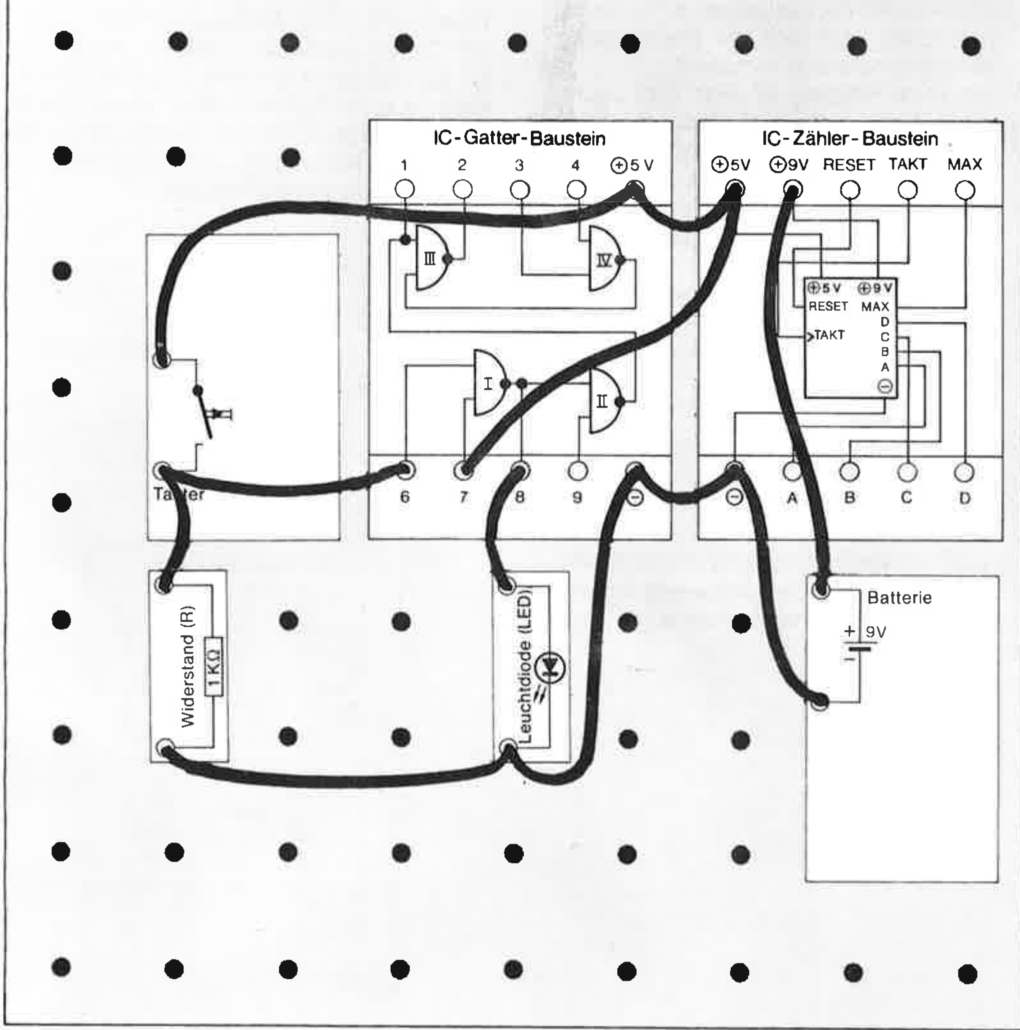


Abb. 18

ist ebenfalls mit 5 Volt verbunden. Am Ausgang 8 ergibt sich über die LED eine Verbindung zum Minuspol der Batterie. Warum erlischt die LED bei Tastendruck?

Eine Besonderheit des Gatter-IC's müssen wir noch wissen: Der IC interpretiert alle unbeschalteten (nicht benutzten) Eingänge automatisch als „High-Zustand". Dies können wir ausprobieren, wenn wir die Verbindung zwischen den Anschlußbuchsen Nr. 7 und ⊕ 5V lösen. Unsere Schaltung wird jetzt immer noch funktionieren. Erst wenn wir die Anschlußbuchse 7 mit Minus ⊖ verbinden, leuchtet die LED auch dann, wenn die Taste gedrückt ist.

Erinnern wir uns an die Nand-Funktion: Der Ausgang ist nur dann low, wenn beide Eingänge high sind! Die LED leuchtet, wenn der Ausgang high ist (oder wenn wenigstens ein Eingang low ist), weil sie dann ihre Betriebsspannung erhält. Somit leuchtet die LED nur dann nicht, wenn beide Eingänge high sind.

Wir erkennen jetzt den Zusammenhang zwischen Eingangs- und Ausgangssi[illegible]. Low am Eingang bedeutet high am Ausgang – LED leuchtet. High am Eingang bedeutet low am Ausgang – LED leuchtet nicht. Das Ausgangssignal steht also immer im Gegensatz zum Eingangssignal. Die gesamte Digital-Elektronik arbeitet nur mit diesen beiden Zuständen: high = Spannung vorhanden. Low = keine Spannung vorhanden.

Abschließend wollen wir uns den IC-Gatter-Baustein noch etwas näher betrachten. In dem kleinen schwarzen Kunststoffgehäuse sind 4 Nand-Gatter enthalten (wobei wir bisher nur 1 Nand-Gatter in Betrieb genommen haben). 14 Anschlußbeinchen führen zu den Kontaktstellen der Platine. Die 4 Nand-Gatter sind durch die Schaltungsanordnung der Platine für eine einfache Handhabung miteinander verdrahtet, um für künftige Versuche den Aufbau zu erleichtern. Die Abbildung 17a zeigt uns, wie die 4 Gatter zusammengeschaltet sind, und wie sich [illegible] aus die Belegung der einzelnen Anschlußbuchsen ergibt. In der Abbildung 17a sind die 4 Gatter mit römischen Ziffern bezeichnet, um bei späteren Funktionsbeschreibungen die Erklärungen zu erleichtern. Der auf der Platine des IC-Gatter-Bausteins montierte Kondensator hat lediglich die Aufgabe, eventuelle Störimpulse auszufiltern.

Obwohl unser IC-Gatter-Baustein ein sehr wesentliches Bauelement des Digital-Studios dargestellt, ist sein Innenaufbau sehr viel einfacher als der IC-Zähler. Im IC-Zähler sind insgesamt 86 Gatter enthalten, gegenüber nur 4 in unserem Gatter-IC.

Außer Nand-Gatter gibt es noch viele andere Gatterarten, wie z. B. Und-Gatter, Xor-Gatter usw., die wir zum Teil noch kennenlernen werden. Gatter sind die kleinsten Funktionseinheiten der Digital-Technik. Mit ihnen werden die kompliziertesten Schaltungen aufgebaut. Das „Innenleben" der Gatter interessiert den Elektroniker eigentlich nicht. Viel wichtiger ist das Wissen über das Funktionsschema der Gatter, um zu erkennen, welche IC-Gatter für die unterschiedlichen Einsatz-Zwecke geeignet sind.

1-bit-Speicher: Memory-Schaltung

(RS-Flipflop)
In der Computer-Technik ist es üblich, daß Daten (Zeichen und Ziffern) gespeichert werden. Bereits einfache Taschenrechner haben eine sogenannte M-Taste (M = Memory), um Ergebnisse oder Zwischenergebnisse festzuhalten (speichern). Computer haben gewaltige Speicherkapazitäten, denn sie müssen neben ihrem eigenen Betriebsprogramm viele Millionen Daten speichern, die bei den einzelnen Programmabläufen verarbeitet werden. Neben elektronischen Speichern werden z.B. die für einen bestimmten Abruf notwendigen Daten zusätzlich auf Magnetplatten oder Magnetbändern gespeichert.

Da die gesamte Digital-Elektronik nur mit den beiden Zuständen „low" und „high" arbeitet, genügt es, wenn ein elektronischer Speicher einen dieser beiden Zustände speichern kann. Die Speichermöglichkeit eines „Low" oder „High"-Signals entspricht einer Speicherkapazität von 1 bit. Bit ist also die Einheit für die Größe eines Speichers. Ein 200-bit-Speicher kann somit entweder 200 Low- oder High-Signale speichern. Die Memory-Schaltung nach Aufbauplan Nr. 19 stellt mit 1 bit die kleinste elektronische Speichereinheit dar, wie sie millionenfach in großen Computern vorhanden ist.

Als letzte Verbindungsleitung stellen wir wie üblich den Anschluß zur Batterie her. Sobald wir den Taster kurz betätigen, leuchtet die LED. Auch wenn wir anschließend den Taster noch mehrfach betätigen, wird sich an diesem Zustand nichts ändern. Wir haben das Signal „high" gespeichert. Wir können den Speicher wieder löschen, indem wir mit einem Verbindungskabel vom Batterie-Minuspol ein Low-Signal (negativen Spannungsimpuls) an dem Gatter-Eingang Nr. 7 geben (im Aufbauplan 19 als punktierte Verbindungsleitung gezeichnet). Damit hat unser Speicher wieder den Zustand „low" erreicht. Wir können also mit unserer Schaltung entweder das Signal „low" oder das Signal „high" speichern und damit einen der beiden Zustände bis zu der von uns gewünschten Änderung festhalten.

Wie funktioniert diese Schaltung?
Für die Funktion der Memory-Schaltung benötigen wir nur 2 der insgesamt 4 Nand-Gatter unseres Bausteins. Im Schaltplan 19a sind daher auch nur die beiden benutzten Gatter eingezeichnet. Alle übrigen Bauelemente, die für die Funktions-Erklärung unserer Schaltung unwichtig sind (z.B. Batterie, IC-Zähler-Baustein sowie die Verbindungsleitungen für die Betriebs-Stromversorgung der beiden Gatter), sind der Übersichtlichkeit halber nur als dünne bzw. punktierte Linien gekennzeichnet. Der Batterie-Minuspol und alle übrigen minuspoligen Kontaktstellen werden mit „Masse" bezeichnet. Zu allen Punkten, die mit dem Minuspol der Batterie verbunden sind, sagt man, daß diese „an Masse liegen". In den künftigen Schaltplänen sind sie wie folgt gekennzeichnet: ⊖ = Masse.

Für die Erklärung der Schaltung gehen wir davon aus, daß der Einschaltzustand erreicht – der Taster jedoch noch nicht betätigt wurde. Wir verstehen das Nachfolgende vielleicht besser, wenn wir mit einem Farbstift auf dem Schaltplan 19a die jeweils beschriebenen Verbindungsleitungen kenntlich machen: Da die LED nicht leuchtet, ist am Ausgang 1 des Gatters II keine Spannung vorhanden. Damit ist der Ausgang 1 „low". Zugleich ist auch der Eingang 6 des Gatters II „low". Zum Eingang 7 führt keine Verbindungsleitung. Wir wissen, daß dieser unbenutzte Eingang automatisch „high" ist. Durch diese Kombination der beiden Eingänge ist logischerweise der Ausgang des Gatters I „high". Der Ausgang des Gatters I führt zum Eingang 8 des Gatters II. Demzufolge entsteht auch dort der Zustand „high". Der Eingang 9 ist durch den Taster unterbrochen – er ist momentan also unbenutzt und wird damit automatisch ebenfalls „high". Beide Eingänge „high" bedeuten für den Ausgang des Gatters II „low" – die LED kann nicht leuchten.

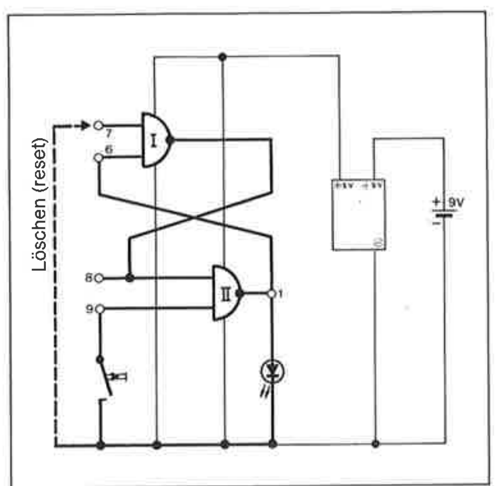


Abb. 19a

Betätigen wir jetzt den Taster, wird der bisher unbenutzte Eingang 9 des Gatters II mit dem Minuspol der Batterie verbunden, er erhält hierdurch das Signal „low". Jetzt sind die beiden Eingänge 8 und 9 „low" und „high", wodurch der Ausgang 1 „high" wird. Der Stromkreis zur LED ist geschlossen – die LED leuchtet.

Nachdem der Ausgang des Gatters II „high" geworden ist, wird auch der Eingang 6 des Gatters I „high". Damit sind jetzt beide Eingänge 6 und 7 „high", so daß am Ausgang des Gatters I ein „low" entsteht. Durch die Verbindung vom Ausgang des Gatters I zum Eingang 8 des Gatters II ergibt sich bei geschlossener Taste an beiden Eingängen 8 und 9 des Gatters II ein „low", wodurch am Ausgang 1 der Zustand „high" erhalten wird. Wird nun der Taster geöffnet, wird die Verbindung zum Eingang 9 unterbrochen. Da der Eingang 8 an „low" verbleibt und der jetzt unbenutzte Eingang 9 automatisch „high" wird, bleibt auch der Ausgang 1 des Gatters II weiterhin high. Die LED leuchtet weiterhin, weil auch die wiederholte Tastenbenutzung den Zustand nicht ändern kann. Erst wenn wir eine „Masse-Verbindung" zum Eingang 7 herstellen (punktierte Linie), wird dieser Eingang low, der Ausgang und Eingang 8 (Gatter II) high. Eingang 9 ist unbeschaltet und somit ebenfalls high. Ausgang 1 wird somit low und hält den Eingang 6

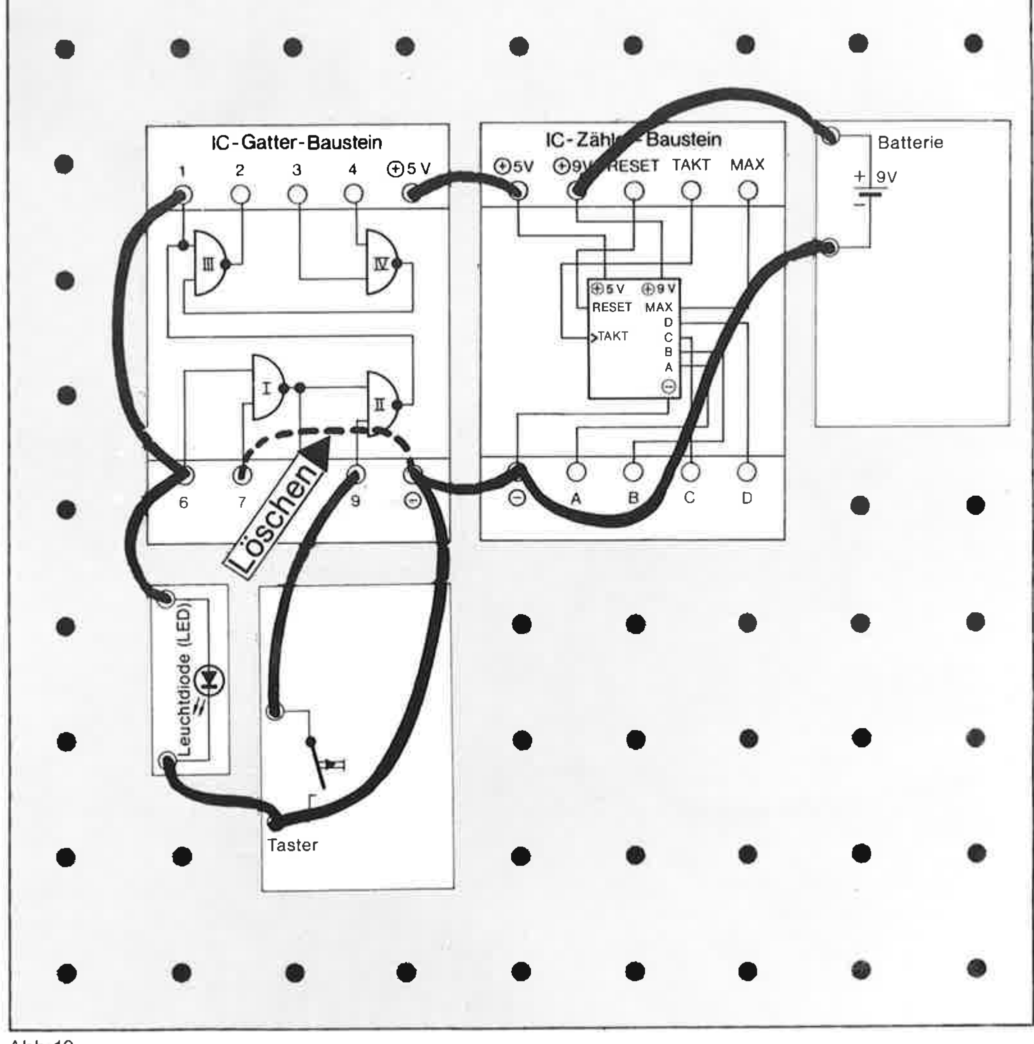


Abb. 19

weiterhin low. Man sagt, die Schaltung „kippt“. Derartige Kippstufen werden auch „Flipflop“ genannt. Unser Flipflop ist ein sogenanntes **RS**-Flipflop, da ein Signal gesetzt (**s**et) und auch wieder zurückgesetzt (**r**eset) werden kann. Die englischen Bezeichnungen set und reset sind in der Digital-Technik gebräuchliche Ausdrücke..

RS-Flipflop steuert Alarmanlage

Gemäß Aufbauplan 20 ergibt sich eine einfache Einbruch-Meldeanlage. Der Schaltungsaufbau ist ähnlich wie beim vorangegangenen Versuch. Gerade deshalb sollten wir die Verdrahtung mit besonderer Sorgfalt überprüfen. Die sogenannte Sicherungsschleife sollte aus einem sehr dünnen leicht reißbaren Draht bestehen. Wir können aber auch die Sicherungsschleife über eine Türkontakt-Sicherung führen. Diese kann gemäß Abbildung 21 mit einfachsten Mitteln hergestellt werden. In diesem Fall führt vom Anschluß Nr. 9 des IC-Gatter-Bausteins ein Verbindungsdraht zu einer Alufolie an einem Türrahmen (oder Fenster). Eine zweite Verbindungsleitung führt von ⊕ 5 V ebenfalls zum Türrahmen. Die 2 Alufolien am Türrahmen werden durch eine dritte Alufolie, welche an der Tür befestigt ist, bei geschlossener Türe überbrückt. Hierdurch ergibt sich der gleiche Effekt wie bei einer durchgehenden Sicherungsschleife.

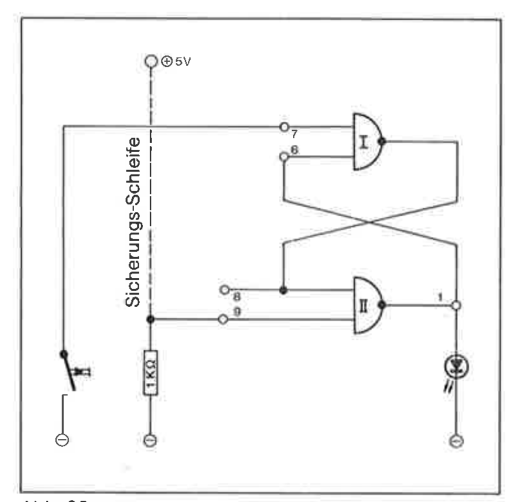


Abb. 20a

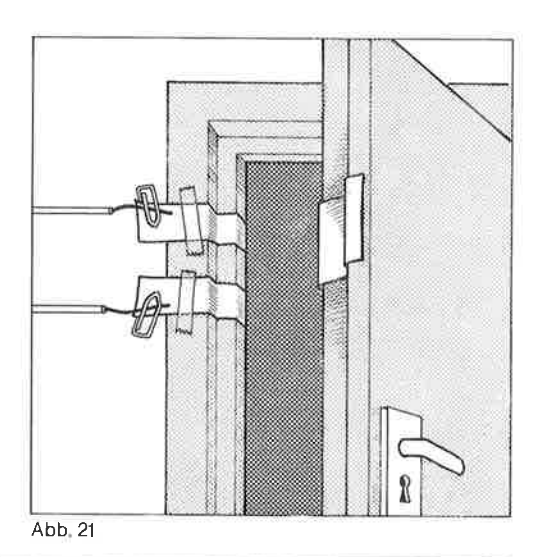


Abb. 21



Wenn wir als letztes Bauelement die Batterie angeschlossen haben, ist unsere Meldeanlage betriebsbereit. Wird die Sicherungsschleife unterbrochen (oder die Tür geöffnet), leuchtet die LED. Wird der Sicherungsdraht anschließend wieder geflickt, (oder die Tür geschlossen) so leuchtet die LED auch weiterhin. Man kann also auch später noch feststellen, ob ein Alarm ausgelöst wurde. Ist die ganze Schaltung versteckt untergebracht, so kann nur der Besitzer feststellen, ob z.B. ein Unbefugter ein Zimmer betreten hat. Durch Betätigen des Tasters kann der ausgelöste Alarm zurückgesetzt, d.h. die LED zum Erlöschen gebracht werden.

Wie funktioniert diese Schaltung?
Vergleichen wir den Schaltplan 20a mit dem vorangegangenen Versuch lt. Schaltplan 19a, erkennen wir sofort, daß wieder die beiden gleichen Gatter für die Steuerung der Schaltung verantwortlich sind. Die jetzt vorhandene Sicherungsschleife ersetzt in Verbindung mit dem 1 KΩ Widerstand den bisher verwendeten Taster. Solange die Alarmschleife nicht unterbrochen wird, liegt am Eingang 9 des Gatters II ein high, weil eine direkte Verbindung zur 5-Volt Versorgungsspannung besteht. Die LED kann nicht leuchten. Wird jedoch die Alarmschleife unterbrochen, gelangt an den Eingang 9 über den 1 kΩ Widerstand ein low – die Schaltung kippt, und die LED leuchtet. Aus dem vorangegangenen Versuch wissen wir daß sich dieser Zustand auch dann nicht ändern kann, wenn die Alarmschleife wieder überrückt wird.

Die Versorgung der Gatter mit der allgemeinen Betriebsspannung sehen wir aus den Schaltplänen 16a und 18a. Für diesen und die folgenden Versuche ist es übersichtlicher, die unwesentlichen Bauelemente im Schaltplan wegzulassen. Trotzdem ist es auch für den Laien leicht erkennbar, daß die nach oben herausführende Alarmschleife an die Versorgungsspannung ⊕ 5 Volt und alle übrigen Kontaktstellen an „Masse“, also am Minuspol der Batterie, angeschlossen sind. Diese grundsätzliche Darstellung gilt auch für die nachfolgenden Schaltpläne.

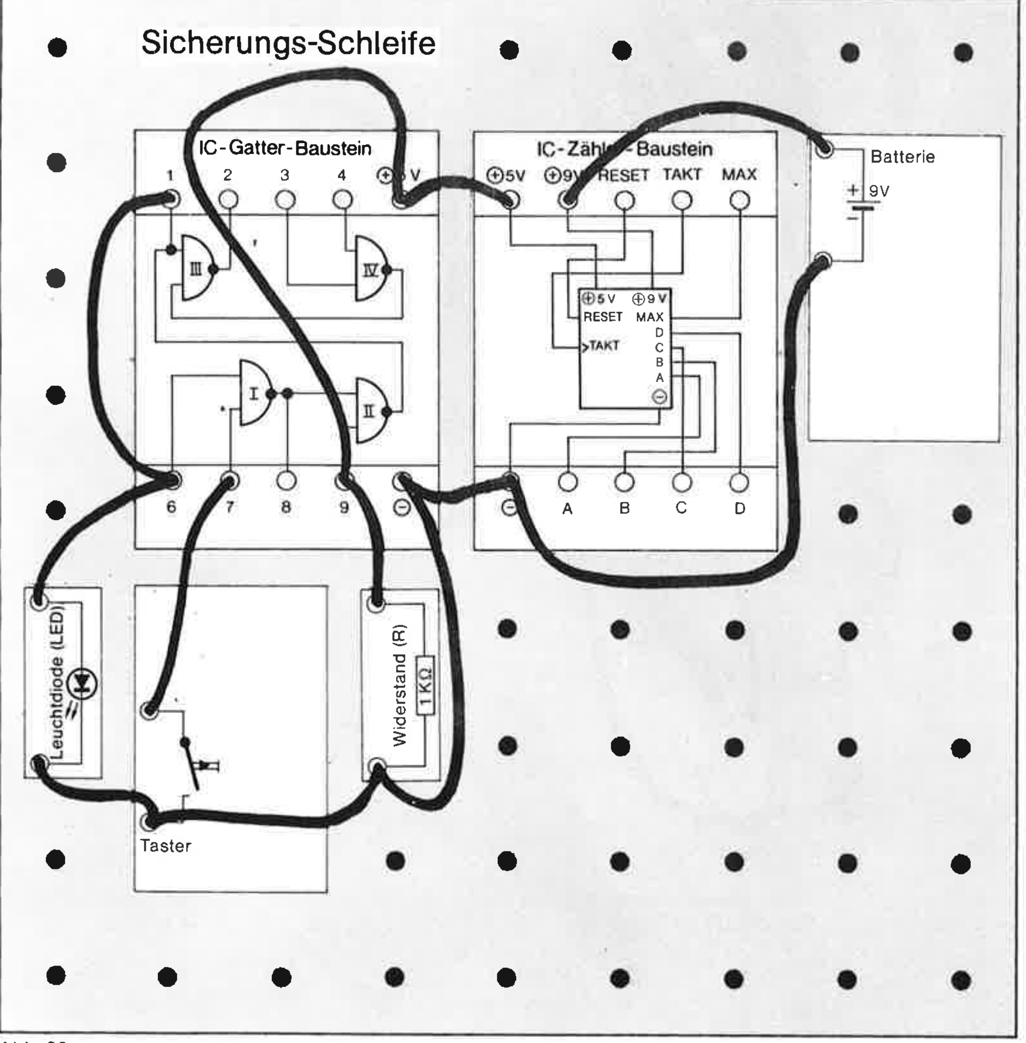


Abb. 20

Überwachungsanlage mit 2-facher Absicherung

Wir bauen diese Schaltung nach Abbildung 22 wieder sehr sorgfältig auf. Im Gegensatz zur vorangegangenen Alarmanlage haben wir jetzt die Möglichkeit z.B. 2 Türen gleichzeitig zu überwachen. Solange beide Alarmschleifen nicht unterbrochen werden, kann die LED nicht leuchten. Wird jedoch eine oder alle beiden Scheifen unterbrochen, erfolgt sofortige Meldung über die aufleuchtende LED. Wie bekannt, bleibt die Alarmmeldung auch dann erhalten, wenn eine oder beide Alarmschleifen wieder überbrückt werden. Nur mit dem Taster kann ein ausgelöster Alarm zurück genommen werden.

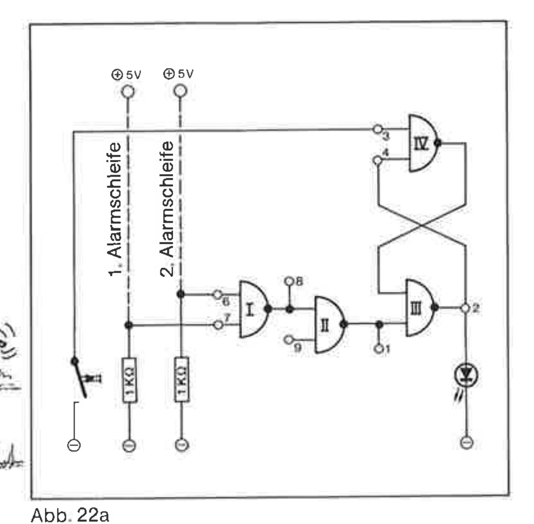


Abb. 22a

Abb. 22

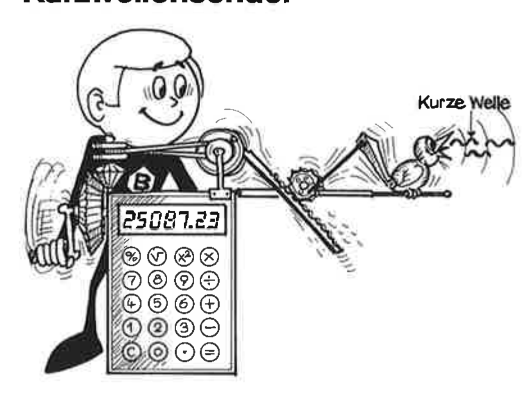
Wie funktioniert diese Schaltung?

Im Schaltplan 22a sehen wir auf der rechten Seite, daß die Gatter III und IV wieder als das RS-Flipflop geschaltet sind. Wenn die LED leuchten soll, muß am Eingang 1 des Gatters III ein „low" sein. (Der Eingang 1 wird an der Anschlußbuchse des IC-Gatter-Bausteins scheinbar nicht benutzt. Die Benützung ergibt sich jedoch durch die interne Platinenverdrahtung zum Gatter II). Das „low" am Eingang 1 kommt vom Ausgang des Gatters II. Der Eingang 9 des Gatters II ist nicht belegt, d.h. dieser Eingang ist grundsätzlich immer „high". Ob der Ausgang des Gatters II „high" oder „low" ist, hängt nur vom Eingang 8 und damit vom Ausgang des Gatters I ab. Sind beide Alarmschleifen geschlossen, sind auch beide Eingänge 6 und 7 des Gatters I „high", so daß dessen Ausgang „low" sein muß. Damit ist der Ausgang des Gatters II „high". Wird eine oder beide Alarmschleifen unterbrochen, wird entweder einer oder beide Eingänge des Gatters I „low". Hierdurch wird sein Ausgang „high" – der Ausgang des Gatters II wird „low". Hierdurch wird der Eingang 1 des Gatters III ebenfalls „low" und durch den „high" werdenden Ausgang erhält die LED die notwendige Betriebsspannung – sie leuchtet. Wir erkennen, daß der Ausgang des Gatters II nur dann „high" sein kann, wenn beide Eingänge des Gatters I ebenfalls „high" sind.

Zum ersten Mal haben wir alle 4 Gatter des IC-Gatter-Bausteins in Betrieb genommen. Die beiden neu hinzugekommenen Gatter I und II sind zu einem sogenannten „Und-Gatter" (engl.: And-Gatter) zusammengeschaltet. Die Bezeichnung „Und"-Gatter ergibt sich aus der Tatsache, daß der Ausgang des Gatters II nur dann high sein kann, wenn am Gatter I der Eingang 6 **und** der Eingang 7 „high" sind. Diese Zusammenhänge sollten uns jetzt absolut vertraut sein. Notfalls sollten wir noch einmal die einleitenden Darstellungen auf den Seiten 12–13 nachlesen, weil wir ohne diese zunächst schwierig erscheinenden und eigentlich doch so einfachen Grundkenntnisse die weiteren Versuche der Digital-Elektronik nicht verstehen werden.

Übrigens, falls die beschriebenen Alarmanlagen im Dauereinsatz betrieben werden sollen, ist die Anschaffung des speziellen Electronic-Netzgerätes 2059 unbedingt empfehlenswert.

Eine interessante „Nonsense-Schaltung" Taschenrechner als Kurzwellensender



Für den Aufbau der Schaltung nach Abbildung 23 sollten wir die Verbindungsleitungen möglichst kurz wählen. Bei geschlossenem Taster leuchtet die LED. Sie leuchtet allerdings dunkler gegenüber den bisher bekannten Versuchen. Warum leuchtet die LED nicht heller? Erhält sie eine zu geringe Spannung?

Zu geringe Spannung kann jedoch nicht die Ursache für die gedrosselte Helligkeit der LED sein, weil wir gelernt haben, daß am Ausgang eines Gatters entweder keine Spannung oder die zum Betrieb einer LED erforderliche Spannung vorhanden ist. Zwischenwerte gibt es nicht. Aus dem Schaltplan 23a ist es ersichtlich, daß die LED am Ausgang 2 des Gatters III angeschlossen ist. Sie muß also die volle Betriebsspannung erhalten. Da die LED aber offensichtlich nicht die gewohnte Helligkeit bringt, muß hierfür eine andere Ursache maßgebend sein.

Die Erklärung: Unsere LED leuchtet nicht konstant, sondern sie wird in sehr schneller Folge ein- und ausgeschaltet. Die Schalfrequenz ist so schnell, daß das menschliche Auge den Ein-/Ausschaltvorgang nicht wahrnehmen kann. Wir empfinden daher, daß die LED dunkler leuchtet.

Wir können mit Hilfe eines Radiogeräts diesen Schaltvorgang hörbar machen (Schwingungen mit hoher Frequenz unterscheidet unser Gehör vielfach besser als unsere Augen). Wir legen unsere Schaltung auf ein Radiogerät, drücken dort die Kurzwellentaste und suchen auf der Senderskala einen Bereich bei 16 MHz (ziemlich genau einstellen). Bei geschlossenem Taster hören wir ein Brummgeräusch, welches sofort verstummt, sobald der Taster losgelassen wird. Nachdem wir dieses Geräusch mit unserem Rundfunkgerät nur in der Gegend von 16 MHz empfangen können, ergibt sich für uns die Tatsache, daß unsere Schaltung mit einer Frequenz von 16 MHz arbeitet, d.h., daß die Leuchtdiode in jeder Sekunde 16 Millionen mal ein- und ausgeschaltet wird. Wenn wir einen Taschenrechner besitzen, können wir diesen Versuch wiederholen und dabei feststellen, wie schnell ein Taschenrechner „rechnet". (Mehr über Schwingungen und Frequenzen im Sachwortverzeichnis am Ende dieses Buches).

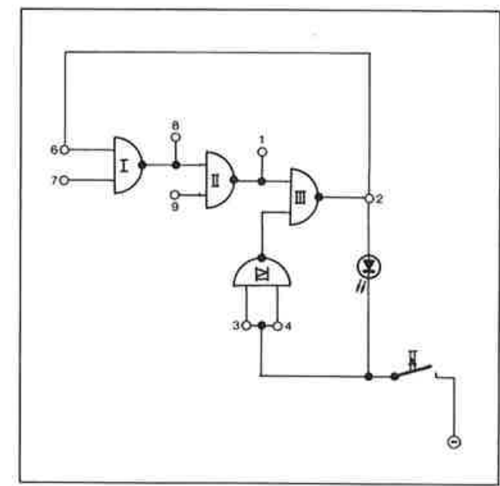


Abb. 23a

Wie funktioniert diese Schaltung?
Wir betrachten hierzu den Schaltplan 23a. Es fällt uns sofort auf, daß wir wieder mit allen 4 Gattern arbeiten, wobei das Gatter IV anders als bisher üblich angeordnet ist (
Übersichtlichkeit halber wurden die allgemeine Betriebsstromversorgung und unwesentliche Schaltungsteile nicht mitgezeichnet). Wir gehen davon aus, daß der Taster geschlossen ist – die LED leuchtet. Demzufolge ist der Ausgang 2 des Gatters III „high". Da der Ausgang 2 des Gatters III eine direkte Verbindung mit dem Eingang 6 des Gatters I hat, ist auch dieser Eingang „high". Hierdurch wird der Ausgang des Gatters I „low", der Ausgang des Gatters II „high", und am Ausgang des Gatters III ergibt sich ein Low-Zustand: die LED wird ausgeschaltet. Das Spiel wiederholt sich, weil zwischen dem Ausgang des Gatters III und dem Eingang 6 des Gatters I eine direkte Verbindung besteht. Der Low-Zustand am Eingang 6 des Gatters I ergibt (über das dazwischenliegende Gatter II) am Ausgang des Gatters III ein „high" (die LED leuchtet – das Wechselspiel wird fortgesetzt.

Jedes Gatter benötigt eine gewisse Zeit, um die ankommenden Signale zu verarbeiten. Diese Signalverarbeitungszeit ergibt die Frequenz, mit welcher die Schaltung „kippt". Da wir bereits wissen, daß die 3 Gatter pro Sekunde 16 Millionen Schaltvorgänge verarbeiten, ergibt sich pro Schaltvorgang eine Zeitspanne von ca. 60 Nano-Sekunden (0.00000006 Sek.). Wir erkennen: die Leistungsfähigkeit moderner Computer wird durch die hohe Arbeitsgeschwindigkeit fast unvorstellbar.

In der bisherigen Beschreibung dieses Versuches wurde das Gatter IV noch nicht erwähnt. Dieses Gatter hat in unserer Schaltung keine Funktion. Es ist jedoch durch die Platine des IC's intern mit dem Eingang des Gatters III verbunden.

Durch Überbrückung der Eingänge 3 und 4 des Gatters III sorgen wir dafür, daß diese Eingänge bei geschlossenem Taster ständig low sind, so daß sich am Ausgang des Gatters IV und damit am (theoretisch unbenutzten) Eingang des Gatters III ein ständiges high ergibt.

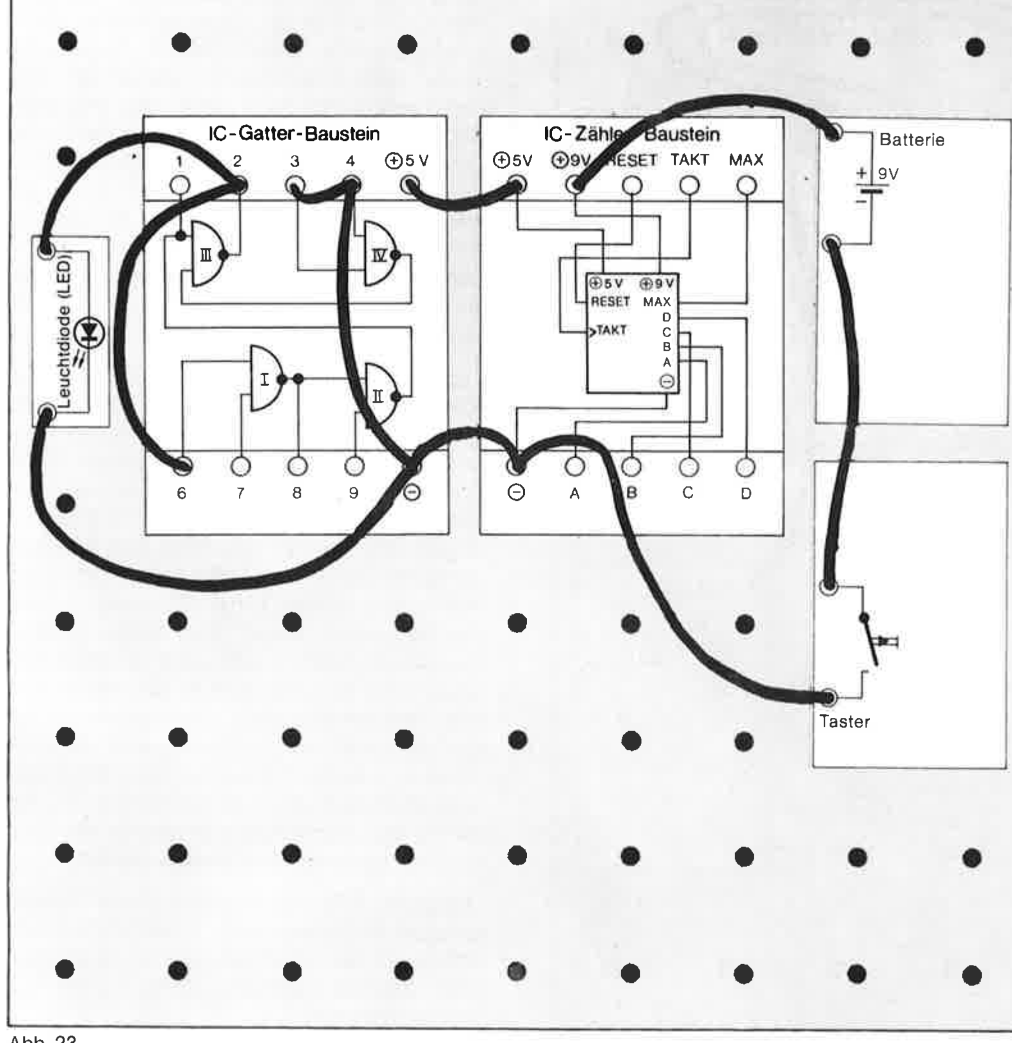
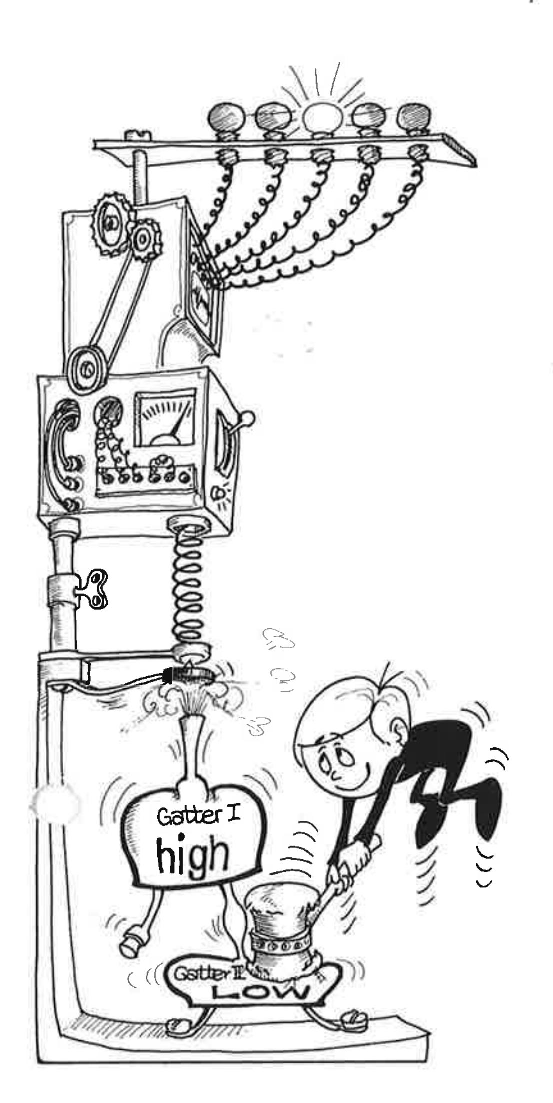


Abb. 23



Gatter steuern Blinklichtschaltung

Blinklichtschaltungen begegnen wir täglich, z. B. als blinkender Richtungsanzeiger am Auto, blinkende Baustellenabsicherungen, Reklameschriften und vieles mehr. Gegenüber einem Dauerlicht hat das Blinklicht eine signalisierende Wirkung, sei es, daß auf eine Gefahr aufmerksam gemacht wird, oder daß die Aufmerksamkeit besonders geweckt werden soll.

Unter Beachtung des Aufbauplans Abbildung 24 bauen wir eine Blinklichtschaltung. Wir möchten an dieser Stelle nochmals erwähnen, daß der IC-Zählerbaustein auch in dieser Schaltung nur die Funktion hat, die 9-Volt-Batteriespannung in eine 5-Volt-Spannung umzuwandeln, wie wir diese zur Inbetriebnahme des IC-Gatter-Bausteins benötigen. Der Zählerbaustein hat also keinerlei Schaltungsfunktion, sondern wird lediglich für die Spannungsanpassung benötigt. Sobald wir als letztes Bauteil die Batterie angeschlossen haben und den Stromkreis durch die geschlossene Taste betätigen, blinkt die LED.

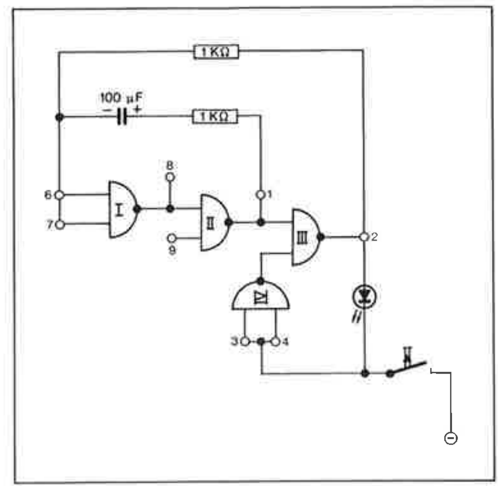


Abb. 24a

Wie funktioniert diese Schaltung?

Wie uns der Schaltplan 24a zeigt, verwenden wir wieder 3 von den 4 zur Verfügung stehenden Gatter. Sie sind ähnlich geschaltet, wie beim vorangegangenen Versuch. Die vorher praktizierte schnelle Umschaltung wird jetzt durch einen Kondensator und Widerstand erheblich verzögert, wodurch die Schaltvorgänge an der LED sichtbar werden.

Nehmen wir an, die LED leuchtet, d. h., daß der Ausgang 2 high ist. Der Gatter-Funktion entsprechend, muß also zum gleichen Zeitpunkt Anschluß 1 low, Anschluß 8 high, Anschlüsse 6 und 7 wieder low sein. Wäre der Elko nicht vorhanden, würde der High-Zustand am Anschluß 2 sofort an den Anschluß 6 (und 7) gelangen. Der Elko muß jedoch zuerst umgeladen werden. Während dieser Zeit steigt die Spannung der Anschlüsse 6 und 7 langsam an, bis die „Umschalteschwelle" des IC's überschritten wird. Jetzt werden Anschlüsse 8 low, 1 high und 2 low: die LED erlischt. Da Anschluß 2 low ist, 6 und 7 aber high sind, muß erneut der Elko umgeladen werden – das Spiel wiederholt sich, die LED blinkt.

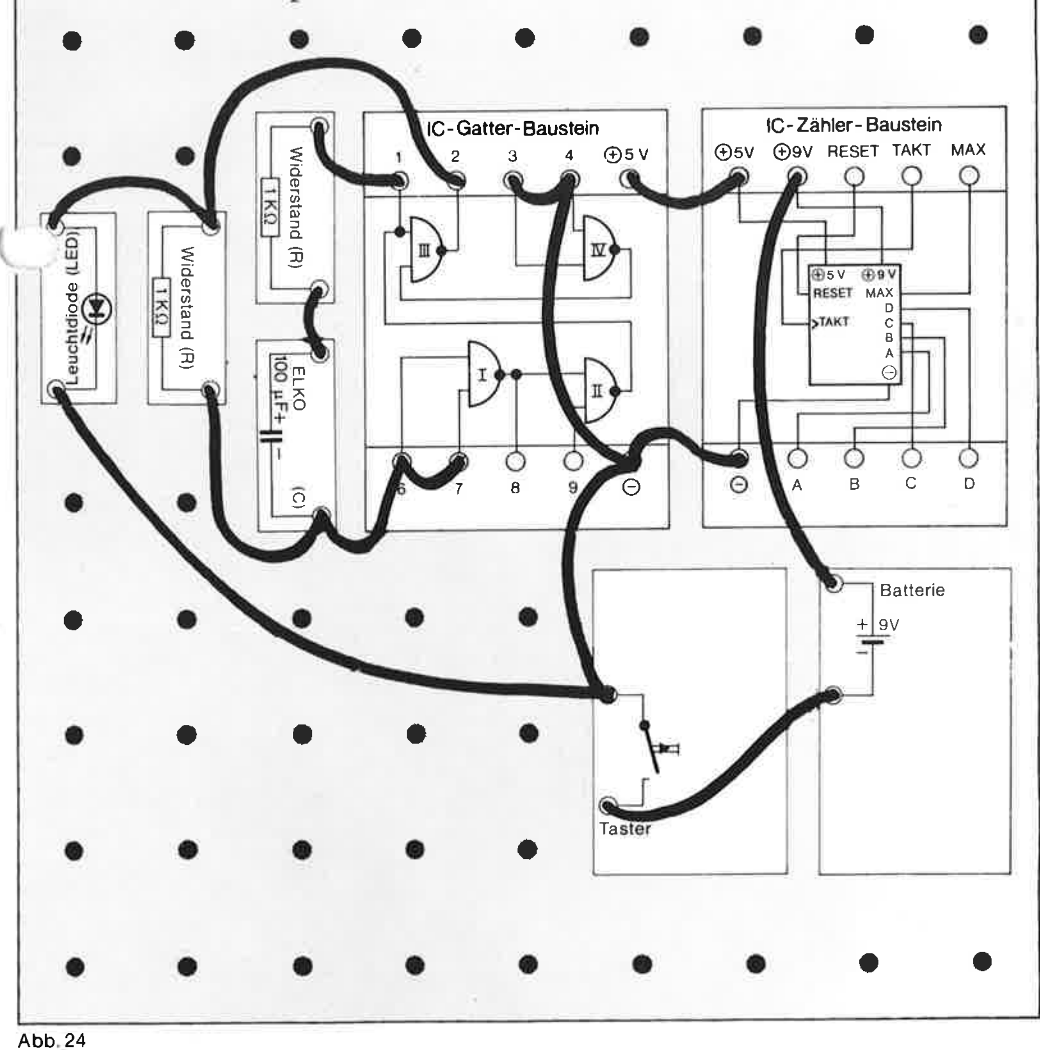
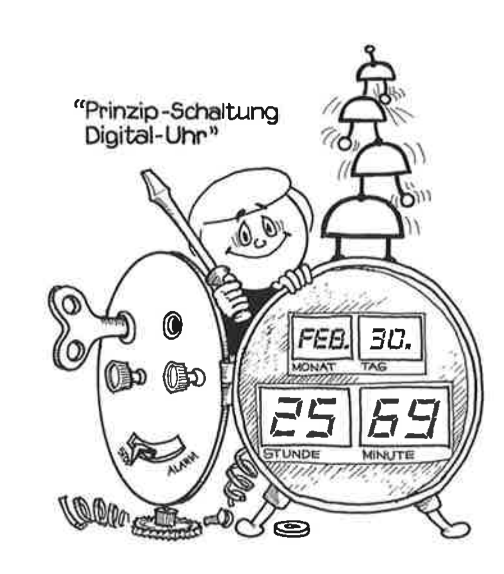


Abb. 24

Prinzipschaltung einer Digital-Uhr

Die altbekannten Uhren mit Ziffernblatt und Zeiger sind Analog-Uhren. Im Gegensatz dazu sind die modernen Digital-Uhren nach ganz anderen Prinzipien konstruiert. Die Analog-Uhr hat einen mechanischen Antrieb – das sogenannte Uhrwerk, welches die Zeiger bewegt. Bei der Digital-Uhr werden elektronisch erzeugte Schwingungen in die uns bekannten Zeitbegriffe umgewandelt und auf modernen 7-Segment-Anzeigen sichtbar gemacht.

Der Aufbauplan 25 stellt die Prinzipschaltung einer Digital-Uhr dar. In diesem Versuch hat unser IC-Zählerbaustein wieder eine echte Funktion, weil durch die Leuchtanzeige ein Zeittakt dargestellt wird. Sobald wir die Batterie angeschlossen haben, ergibt sich in einem gewissen Takt eine Leuchtziffernanzeige, indem die Ziffern 0–9 automatisch aufleuchten. Mit dem Taster haben wir die Möglichkeit, die Ziffernanzeige auf 0 zurückzustellen. Da es sich um eine Prinzipschaltung handelt, haben wir lediglich eine ungefähre „Sekunden-Uhr". Wir können uns jedoch vorstellen, daß durch entsprechende Taktgebung in gleicher Weise auch Minuten und Stunden sichtbar gemacht werden können.



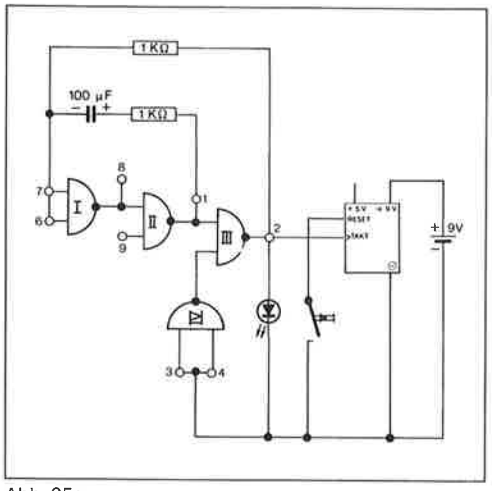


Abb. 25a

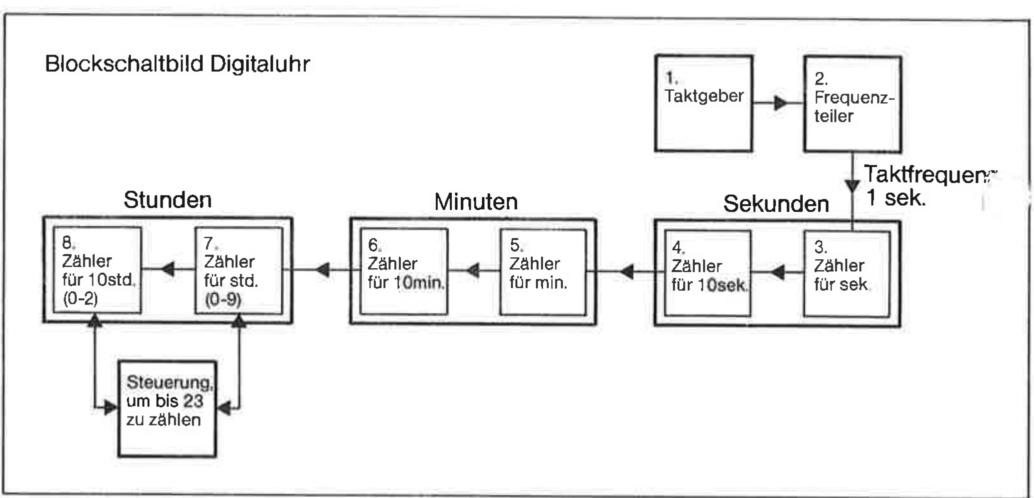


Abb. 26

Abb. 25

Wie funktioniert diese Schaltung?

Wie wir aus dem Schaltplan 25a ersehen, haben wir die vorangegangene Blinklichtschaltung durch den IC-Zählerbaustein ergänzt, welcher jetzt nicht nur als Spannungswandler, sondern in einer echten Funktion tätig ist. Während wir beim vorangegangenen Versuch von einem sogenannten „Blinksignal" gesprochen haben, wir dieses Blinksignal jetzt zum „Takt-Sig und führt an den „Takt"-Eingang des IC Zählerbausteins. Der integrierte Zähler zählt die Taktimpulse, welche durch die Leuchtziffern der 7-Segment-Anzeige sichtbar gemacht werden. Da wir den Taster an den „Reset"-Eingang (Rücksetz-Eingang) des Zählerbausteins gelegt haben, ergibt sich die Möglichkeit, den Zähler (und damit auch die Leuchtanzeige) auf 0 zurückzusetzen, weil wir durch Tastendruck den Reset-Eingang auf „low" setzen können.

Prinzip-Aufbau einer Digital-Uhr

Die Abbildung 26 stellt ein sogenanntes Block-Schaltbild dar. Ganze Funktionsgruppen werden der Übersichtlichkeit auf einzelne Blöcke zusammengeschaltet. Blockschaltbilder zeigen die prinzipielle Funktion eines Geräts (z.B. einer Digital-Uhr) ohne auf den genauen elektronischen Aufbau näher einzugehen.

Wir sehen, daß eine Digital-Uhr aus verschiedenen Funktionsgruppen aufgebaut wird:

1. Der Taktgeber
Er ist das eientliche Herz der Uhr. Der Taktgeber gibt die Zeitimpulse. Die Gang-Genauigkeit der Digital-Uhr hängt davon ab, inwieweit diese Zeitimpulse genau eingehalten werden. In unserer Prinzipschaltung haben wir die verhältnismäßig langsam arbeitende Blinkschaltung als Taktgeber eingesetzt. In der Praxis werden für die sehr genau gehenden Digital-Uhren Taktgeber mit sehr hoher Taktfrequenz (30 000 Hz bis 4 MHz) verwendet.

In den meisten Fällen wird diese Taktfrequenz durch einen sogenannten Schwingquartz gesteuert.

2. Der Frequenzteiler
Die sehr hohe Frequenz eines Schwingquartzes wird mit einem Frequenzteiler so lange geteilt, bis an dessen Ausgang eine Taktfrequenz von 1 Sekunde entsteht.

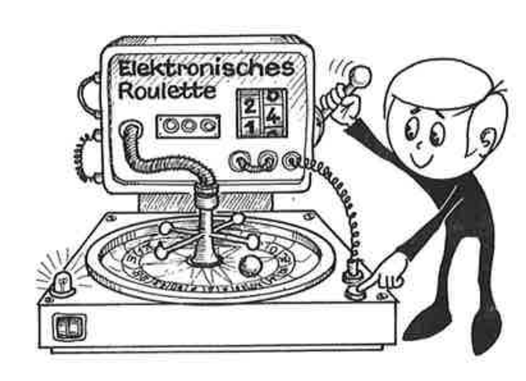
3. Sekunden-Zähler 0–9
Mit der Taktfrequenz von 1 Sekunde wird der Zähler angesteuert, welcher die Sekunden zwischen 0 und 9 zählt.

4. Dezimal-Stellen-Sekundenzähler
Beim Sekundensprung von 0 auf 9 wird durch die notwendige Dezimal-Stelle ein weiterer Zähler angesteuert, welcher dann von 0 bis 5 jeweils die vollen 10 Sekunden zählt. Beide Zählerstufen sind also für die Sekunden von 0 bis 59 verantwortlich.

[illegible] Minuten- und Stundenzähler
Die Sekundenzähler steuern die Minutenzähler und diese wiederum die Zähler für die Stunden. Die Stundenzähler benötigen noch eine zusätzliche Steuerung, damit diese nur von 0–23 zählen, d.h., daß der Sprung auf 24 wieder mit der Ziffer 0 beginnt (die mitternächtliche Zeitanzeige lautet nicht 24.05 Uhr, sondern 0.05 Uhr).

Wie eine derartige Steuerung durchgeführt werden kann und wie sie funktioniert, wird uns in einem der folgenden Experimente erklärt. Wie weit jedoch die heutige Technik vorangeschritten ist, erklärt sich z.B. aus der Tatsache, daß für das „Innenleben" einer kompletten Digital-Uhr lediglich ein spezieller Uhren-IC und eine 6stellige Ziffernanzeige notwendig sind. In einem solchen Uhren-IC sind die gesamten beschriebenen Funktionsblöcke integriert.

Elektronisches Roulette



Auch bei diesem Versuch, nach Aufbauplan 27, haben sowohl der IC-Zählerbaustein als auch der IC-Gatter-Baustein volle Funktionen zu erfüllen. Nachdem als letztes Bauelement wieder die Batterie angeschlossen wurde, wird der Taster betätigt. Bei geschlossenem Taster wird die Ziffer 8 angezeigt. Sobald der Taster geöffnet wird, erscheint absolut zufallsbedingt eine Zahl zwischen 0 und 9. Diese Zufallszahl ist durch Tastendruck nicht beeinflußbar. Bei geschlossener Taste schwingt unsere Schaltung mit ca. 2 kHz (2000 Schwingungen pro Sekunde), d.h., daß pro Sekunde 200mal jeweils von 0 bis 9 gezählt und durch die Ziffernanzeige angezeigt wird. Die Zahlen 0 bis 9 erscheinen dabei so schnell, daß unser Auge bei geschlossener Taste nur die Zahl 8 erkennen kann. (Alle 7 Segmente der Ziffernanzeige leuchten).

Wie funktioniert diese Schaltung?
Der Schaltplan 27a hat große Ähnlichkeit mit dem vorangegangenen Versuch einer Digital-Uhr, wobei dort bewußt langsam gezählt wurde. Da wir den 100 µF-Elko gegen einen 100 nF-Kondensator ausgetauscht haben, ergibt sich eine tausendfach geringere Lade- und Entladezeit, wodurch der Zählvorgang auf eine Geschwindigkeit von 2000 Takten pro Sekunde beschleunigt wurde. Während der Taster geschlossen ist, können diese Impulse an den Takteingang des Zählers gelangen. Die Ziffernanzeige bringt die beschriebene „8". Bei geöffnetem Taster wird die Zufuhr der Taktimpulse unterbrochen, wodurch die Ziffernanzeige bei der im Augenblick der Unterbrechung gezählten Zahl stehenbleibt.

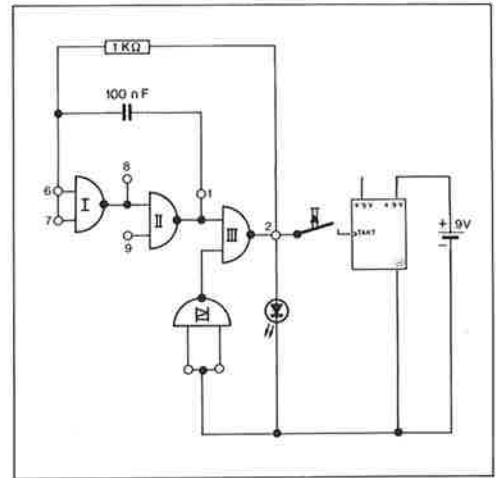


Abb. 27a

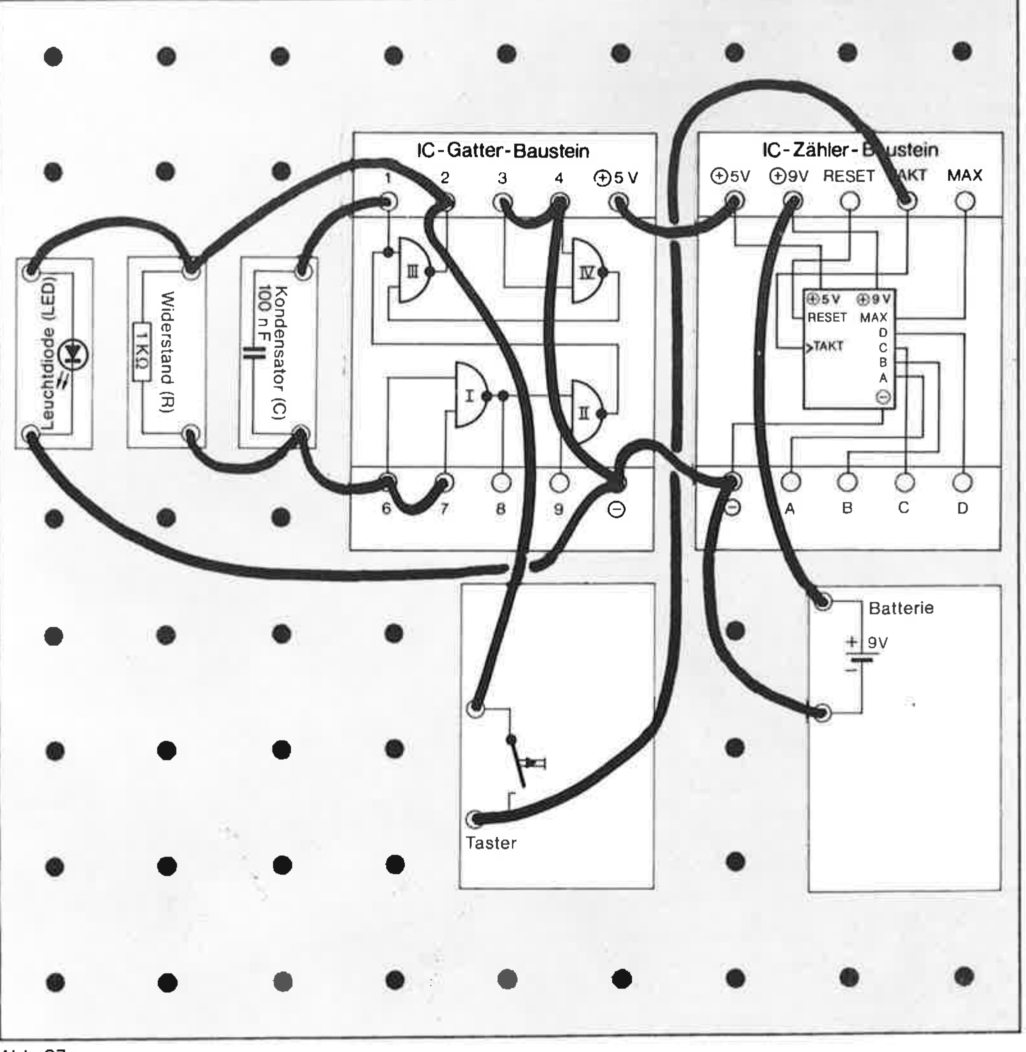


Abb. 27

Versuche mit Dual-Zahlen

Wir sind es gewohnt, mit den Zahlen 0–9 zu rechnen. Da unser Rechensystem auf diesen 10 Ziffern beruht, wird es Dezimal-System genannt. Wir wissen, daß die gesamte Digital-Technik auf 2 Schaltzuständen aufgebaut ist. Wenn wir „low" mit „0" und „high" mit „1" bezeichnen, haben wir für alle Rechenoperationen statt dem uns geläufigen Dezimal-System nur noch die 2 Dual-Zahlen 0 bis 1. Daß es möglich ist, nur mit diesen beiden Zahlen auch kompliziertestе Rechenaufgaben auszuführen, soll uns der folgende Versuch, nach Aufbauplan 28, demonstrieren.

Mit dieser einfachen Zählerschaltung wollen wir die 4 Ausgänge: A, B, C und D des IC-Zählerbausteins näher kennenlernen. Im Aufbauplan ist die Verbindungsleitung von der LED zu diesen 4 Anschlüssen punktiert gezeichnet. Zunächst schließen wir die LED am Ausgang A an. Bei geschlossenem Taster zeigt die Ziffern-Anzeige wieder die Zahlen zwischen 0 und 9. Gleichzeitig stellen wir fest, daß unsere LED in langsamer Taktfolge blinkt. Bei genauer Betrachtung bemerken wird, daß die LED immer dann aufleuchtet, wenn auf der Ziffern-Anzeige eine ungerade Zahl (1–3–5 usw.) angezeigt wird.

Jetzt wollen wir die LED am Ausgang B anschließen. Bei geschlossener Taste leuchtet die LED nur dann, wenn auf der Ziffern-Anzeige die Zahlen 2–3–6–7 erscheinen. Die LED leuchtet nicht bei den Zahlen 0–1–4–5–8–9.

Stellen wir von der LED die Verbindung zum Ausgang C her, leuchtet die LED nur noch bei Zahlen 4–5–6–7. Beim Anschluß der LED am Ausgang D des IC-Zählerbausteins ergibt sich nur noch bei Zahlen 8 und 9 ein Blinkvorgang. Die Ergebnisse dieser Versuchsreiche finden wir in der nachstehenden Tabelle, Abbildung 29.

Ziffer	Ausgang D Wert 8	Ausgang C Wert 4	Ausgang B Wert 2	Ausgang A Wert 1
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1

Abb. 29

Wir haben bereits erkannt, daß wir einen hochinteressanten Versuch durchgeführt haben, der uns einen Einblick in die Arbeitsweise unseres Zähler-IC's gibt. Da wir in der Digital-Elektronik nur die beiden Zustände high und low kennen, kann auch unser Zähler-IC nur mit den beiden Ziffern 0 und 1 arbeiten. Um das Dual-System unseren gebräuchlichen Dezimal-System anzupassen, wird folgender Trick angewandt: Im Dual-System können wir nur mit 0 und 1 zählen. Bereits die Ziffer 2 existiert im Dual-System nicht mehr. Hierfür wird die Zahl 10 (aus 1 und 0 gebildet) angesehen. Wenn wir die Tabelle, gemäß Abb. 29, vergleichen, sehen wir, daß sich für die Dezimal-Zahl 3 die Dual-Zahlen 11, für die 4 die 100 usw. ergeben. Unsere gesamten Dezimal-Zahlen 0 bis 9 werden im Dual-System durch die 4stelligen Dual-Zahlen 0 und 1 dargestellt.

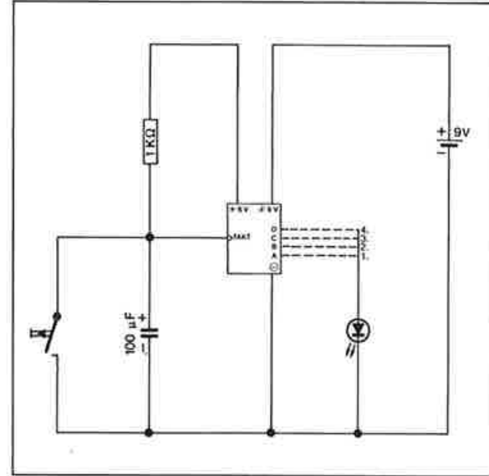


Abb. 28a

Die Tabelle 29 zeigt uns noch weitere Einzelheiten. Wir erkennen, daß die Zahl 1 in der Spalte A (Ausgang A) den Wert 1 hat. Die Zahl 1 am Ausgang B hat den Wert 2. Die Zahl 1 aus Ausgang C hat den Wert 4 und die Zahl 1 am Ausgang D hat den Wert 8. Nun sehen wir uns einmal die Ziffer 5 in der Tabelle 29 an. Da der Ausgang A unseres IC-Zählers in diesem Zustand high war, ergibt sich in der Spalte A der Tabelle die Zahl 1, wobei diese Spalte mit Wert 1 überschrieben ist. In der Spalte C ist ebenfalls die Zahl 1 vorhanden, wobei diese Spalte mit „Wert 4" überschrieben ist. Addieren wir die beiden Spaltenwerte, in der die Zahl 1 eingetragen ist, so ergibt sich: Wert 1 + Wert 4 = 5. Wenn wir weitere Zahlen in der gleichen Weise ausprobieren, stellen wir fest, daß wir mit der Abbildung 29 eine Umrechnungstabelle vom Dual- zum Dezimalsystem haben.

Unser Zähler-IC kann nicht nur die einzelnen Takte zählen, sondern er hat gleichzeitig auch noch einen eingebauten (integrierten) Decoder, welcher nach der gleichen Umrechnungstabelle die Zustände low und high an den Ausgängen A–D in unser Dezimal-System umwandelt und das umgewandelte Ergebnis auf der Leuchtanzeige kenntlich macht. Alle Taschenrechner bis zum Großcomputer arbeiten nur mit den Dual-Zahlen 0 und 1. Wenn wir zum Beispiel einem Taschenrechner eine Aufgabe eingeben, können wir mit unseren gewohnten Dezimal-

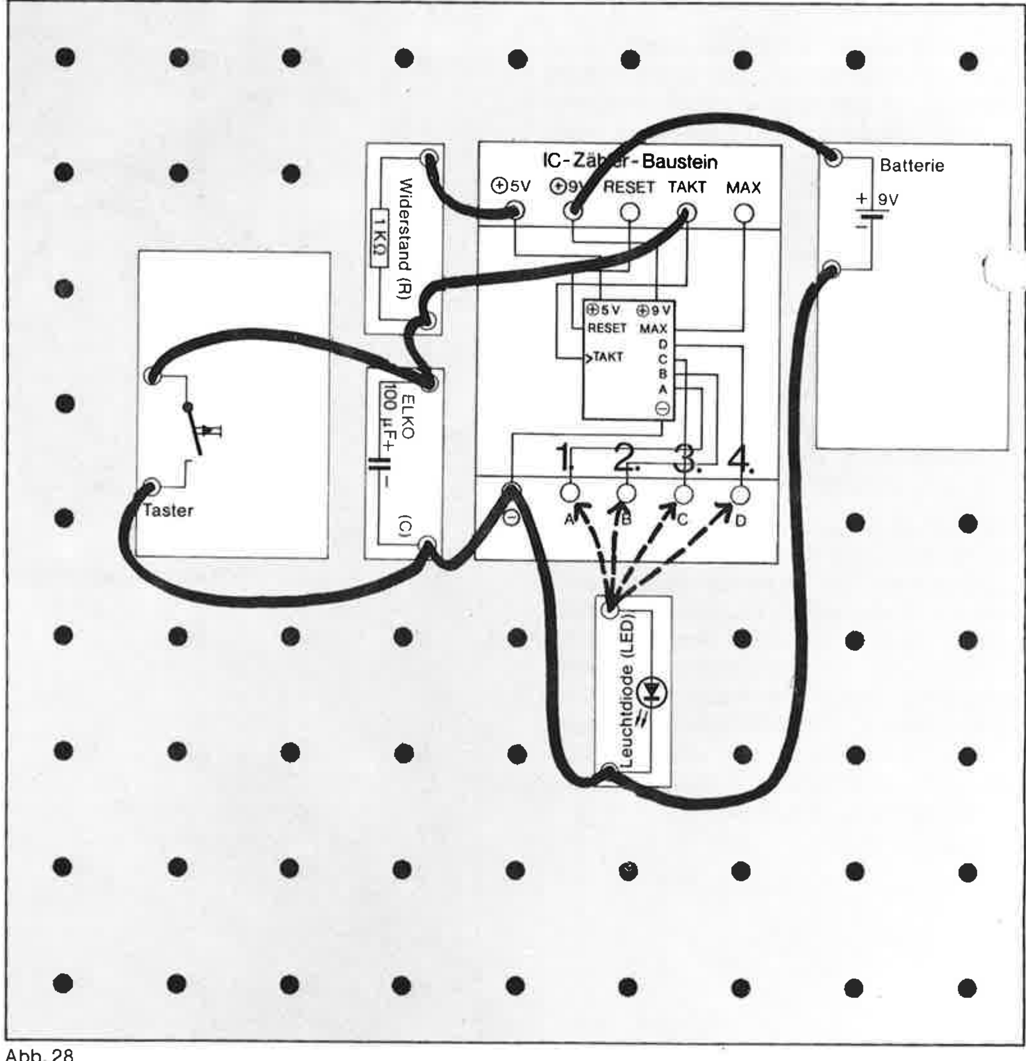


Abb. 28

Auftrag	Datum:
Gewünschter Liefertermin:	

BUSCH

BUSCH GmbH + Co. KG
6806 Viernheim
Heidelberger Str. 26 · Postfach 1360
Tel. 0 62 04 / 40 34*· Telex 465 415

Preisliste BUSCH Electronic Studio
Ersatzteile

Alle Preise sind unverbindlich empfohlene DM-Verkaufspreise. Falls beim Fachhändler nicht erhältlich, liefern wir Ersatzteile gegen Einzahlung des entsprechenden Betrages zuzüglich DM 2,50 Porto und Verpackung auf unser Postscheckkonto Karlsruhe 57 614 – 751. Bitte, vermerken Sie auf dem Empfänger-Abschnitt »Ersatzteile Electronic« und die Bestell-Nummern. Mindestlieferwert DM 10,00 zuzüglich Porto und Verpackung DM 2,50.

Alle nachfolgend aufgeführten Bauelemente sind jeweils einbaufertig mit Steckbaustein bzw. Kabelanschlüsse usw.

Besteller: ____________________

____

____

____

Versandart: Warenprobe, Päckchen, Postpaket, Schnellpaket, Frachtgut, Expreß

Versand an: ____________________

____

Bahnstation: ____________________

Best.-Nr.	Stück	Einzel-Preis	Artikel	Gesamt-Preis
Bauelemente – Steckbausteine				
20601		8,40	Lautsprecher mit Gehäuse (für 2060)	
20611		1,60	NPN-Transistor	
20631		2,90	Potentiometer 50 K Ω (für 2060)	
20641		1,35	Elektrolyt-Kondensator (Elko) 4,7 µF	
20642		1,35	Elektrolyt-Kondensator (Elko) 10 µF	
20643		1,60	Elektrolyt-Kondensator (Elko) 47 µF	
20645		1,60	Elektrolyt-Kondensator (Elko) 100 µF	
20662		1,35	Scheibenkondensator 10 pF	
20663		1,35	Scheibenkondensator 0,1 nF	
20664		1,35	Scheibenkondensator 1 nF	
20665		1,35	Scheibenkondensator 10 nF	
20667		1,60	Scheibenkondensator 47 nF	
20669		1,60	Scheibenkondensator 100 nF	
20681		0,65	Widerstand 10 Ω	
20682		0,65	Widerstand 47 Ω	
20683		0,65	Widerstand 100 Ω	
20684		0,65	Widerstand 470 Ω	
20685		0,65	Widerstand 1 KΩ	
20686		0,65	Widerstand 2,2 KΩ	
20687		0,65	Widerstand 4,7 KΩ	
20688		0,65	Widerstand 10 KΩ	
20689		0,65	Widerstand 22 KΩ	
20690		0,65	Widerstand 47 KΩ	
20691		0,65	Widerstand 100 KΩ	
20693		0,65	Widerstand 470 KΩ	
20710		3,70	Photo-Widerstand (LDR)	
20715		3,70	Ohrhörer	
20720		1,05	Germanium-Diode	
20723		1,90	Leuchtdiode (LED)	
20730		2,65	Drosselspule 2 mH	
20739		2,90	Buchse für Zusatzlautsprecher	
20750		6,85	Ferritantenne	
20757		5,75	MW-Radio-IC	
20760		23,65	IC-Verstärker-Baustein	
20775		2,90	Taster	
20776		1,70	Glühlampe 6 V 80 mA	
20780		2,90	Batteriehalter	
20801		37,80	IC-Zähler-Baustein, komplett	
20802		8,30	IC-Gatter-Baustein, komplett	
2079		11,50	Bestückungs-Bausteine	
2089		9,90	Bestückungs-Bausteine IC	
			Übertrag	

● = diese Artikel sind voraussichtlich erst ab Mai 1982 lieferbar.
Vor Postscheckeinzahlung Rückfrage zweckmäßig.

Best.-Nr.	Stück	Einzel-Preis	Artikel	Gesamt-Preis
			Übertrag	
Anleitungsbücher				
20600		10,40	für 2060	
20610		9,60	für 2061	
20650		13,50	für 2065	
20699		14,70	für 2069	
20700		20,90	für 2070	
20702		9,25	für 2072	
20752		11,55	für 2075	
20900		27,50	für 2090, 1. Teil	
20901		27,50	für 2090, 2. Teil	
Einbauteile für Armaturenboard 2061, 2069, 2070				
20740		6,30	Lautsprecher	
20741		4,20	Drehkondensator	
20742		3,95	Potentiometer 50 KΩ	
20743		2,65	Schiebeschalter	
20745		15,75	Meßinstrument	
20746		3,95	Überspielbuchse	
20749		1,35	Drehknopf	
Kabel, Stecker usw.				
20751		1,85	Ferritstab ohne Wicklung	
20782		4,75	Steckplatte 180 x 180 mm	
20785		3,70	Kabelabschnitte (für 2060)	
20786		7,25	Kabelabschnitte (für 2070)	
20791		1,05	3 Meter doppeladriges Kabel (braun/gelb)	
20792		0,75	3 Meter einadriges Kabel (rot)	
20793		1,25	Spule, lackierter Kupferdraht	
20795		2,55	48 gelbe Plastikstecker	
20796		10,40	Gehäuse-Unterteil für 2070	
20797		7,15	Armaturenboard 2070 (ohne Elemente)	
20798		14,20	Abdeckhaube, rauchglasfarbig	
Microtronic-Ersatzteile				
20904		2,40	Programmier-Tabellenblock	
20905		29,90	Armaturenboard mit Tasten	
20906		254,00	Computer-Platine	
20907		26,00	Netzgerät	
20910●		17,00	C-MOS-RAM für Batteriebetrieb	
2095●		129,50	Cassetten-Interface	
Allgemeines Zubehör				
2059		33,50	Netzgerät	
2087●		69,50	Netzstrom-Schaltgerät 6–9 V / 220 V, 6 A	
5964		14,90	Niedervolt-Schaltrelais 9–16 V	
8627		12,90	Vorschaltgerät 9–16 V / 5 V	
			Summe	
Mindestauftragshöhe DM 10,00			+ Porto / Verpackung	2,50
Gesamtbetrag wurde auf PSchK. Karlsruhe Nr. 57 614 – 751 überwiesen			= DM	

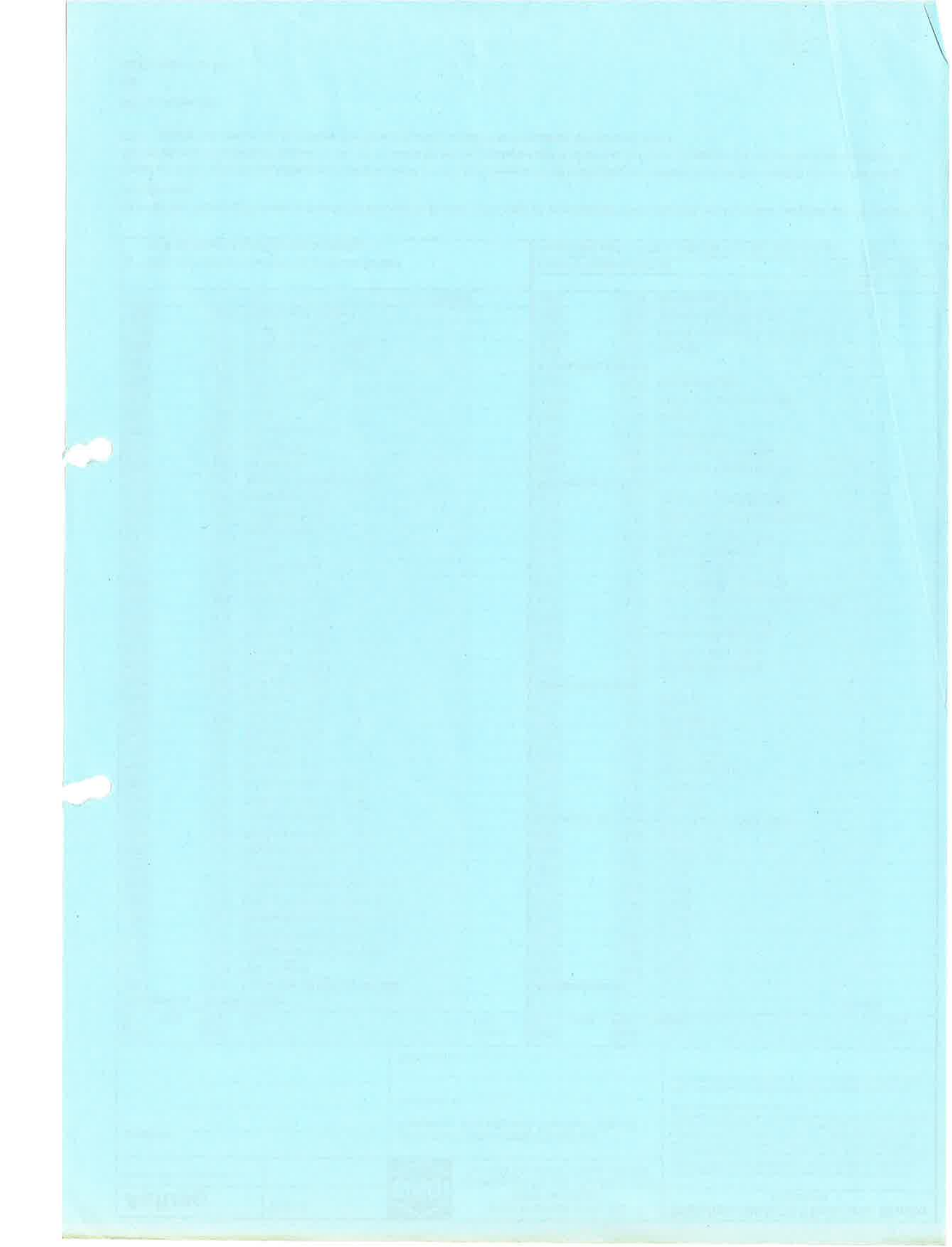
Sie sollen lange Zeit ungetrübte Freude an Ihrem BUSCH-Electronic-Studio haben. Daher haben wir einen Ersatzteil-Service organisiert, welcher es Ihnen ermöglicht, einzelne Bauelemente nachzubestellen.

Senden Sie bitte im Bedarfsfall das Auftragsformular direkt an unsere Anschrift, und überweisen Sie bitte gleichzeitig den ermittelten Ersatzteil-Preis zuzüglich Porto und Verpackung DM 2,50 auf unser Postscheckkonto Karlsruhe 57 614 – 751. Vermerken Sie auf dem Empfänger-Abschnitt »Ersatzteile Electronic« und beachten Sie, daß sich der Mindestbestellwert auf DM 10,– belaufen muß. Wenige Tage nach Eingang Ihrer Postscheckzahlung werden Ihnen die bestellten Teile übersandt werden.

Mit freundlichem Gruß

Ihre

BUSCH GmbH + Co. KG



Zahlen 0–9 denken und arbeiten. Der Taschenrechner wandelt jedoch bei der Eingabe die Dezimal-Zahlen in das Dual-System um – führt die Rechenaufgaben im Dual-System aus – decodiert das Dual-Zahlen-Ergebnis und zeigt es als Dezimal-Zahlen-Ergebnis an. Wir begreifen, daß selbst der kleinste und billigste Taschenrechner ein technisches Wunderwerk darstellt, welches letztlich wieder aus der prinzipiellen Funktion eines oder besser gesagt vieler Gatter besteht. In einem größeren Computer sind die Eigenschaften des Taschenrechners vereinigt, jedoch mit wesentlich höherer Rechengeschwindigkeit, freier Programmierbarkeit der Reihenfolge vieler Rechenoperationen und einer komfortablen Daten Ein- und Ausgabe. Nachdem wir begriffen haben, daß mit einem Decoder die beiden Schaltzustände low und high in Dezimalzahlen umgewandelt werden können, ist es ebenfalls einleuchtend, daß mit anders programmierten Decodern die beiden Schaltzustände auch in die Buchstaben des Alphabets umzuwandeln sind. Je mehr Gatter zur Verfügung stehen, um so mehr Ergebnisse und Möglichkeiten werden erreichbar. Daher können Großcomputer nicht nur rechnen sondern auch schreiben und lesen.

Einfacher programmierbarer Zähler

Wir haben sicherlich schon davon gehört, daß zum Bedienungspersonal eines größeren Computers ein sogenannter „Programmierer" gehört. Der Programmierer kennt das entsprechende Computersystem, und er ist aufgrund seiner Kenntnisse in der Lage, dem Computer spezielle Aufgaben zuzuordnen, d. h. ein gewisses Programm vorzugeben, mit welchem das Computer-System die gewünschten Ergebnisse erarbeiten kann.

Nachdem wir die Schaltung gemäß Aufbauplan 30 vorgenommen haben, wollen wir für unser Digital-System die Funktion eines Programmierers übernehmen. Da unser „Mini-Computer" momentan nur von 0 bis 9 zählen kann, haben wir derzeitig nur die Möglichkeit unser System aufzufordern, z.B. nur von 0 bis 3 oder von 0 bis 5 zu zählen. Die Tabelle, Abb. 31, gibt uns Auskunft darüber, an welchen Ausgängen des IC-Zählerbausteins die Kabel 1 und 2 angeschlossen werden müssen, um eine vorher bestimmte Zahl zu erreichen.

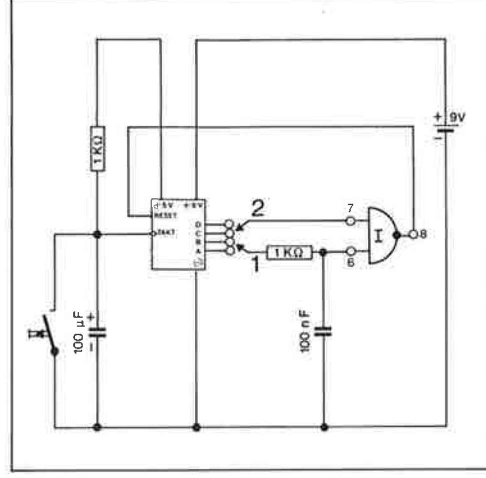


Abb. 30a

Angenommen wir wollen bis zur Zahl 5 zählen, so zeigt uns die Tabelle, daß das Kabel 1 an die Buchse C und das Kabel 2 an Buchse B des Zählerbausteins anzuschließen sind. Wird jetzt der Taster betätigt, zählt der Zähler nur noch bis zur Zahl 5 – springt zur 0 zurück und beginnt von neuem.

Ziffer bis zu der gezählt werden soll	Kabel 1	Kabel 2
0	–	–
1	B	–
2	B	A
3	C	–
4	C	A
5	C	B
6	–	–
7	D	–
8	D	A
9	D	B

Abb. 31

In der gleichen Weise können wir unser System so vorprogrammieren, daß es bis zu jeder gewünschten Zahl zwischen 0 und 9 zählt. Eine Ausnahme ist die Zahl 6, die wir ohne Änderung dieses Schaltungsaufbaus zunächst noch nicht erzielen können.

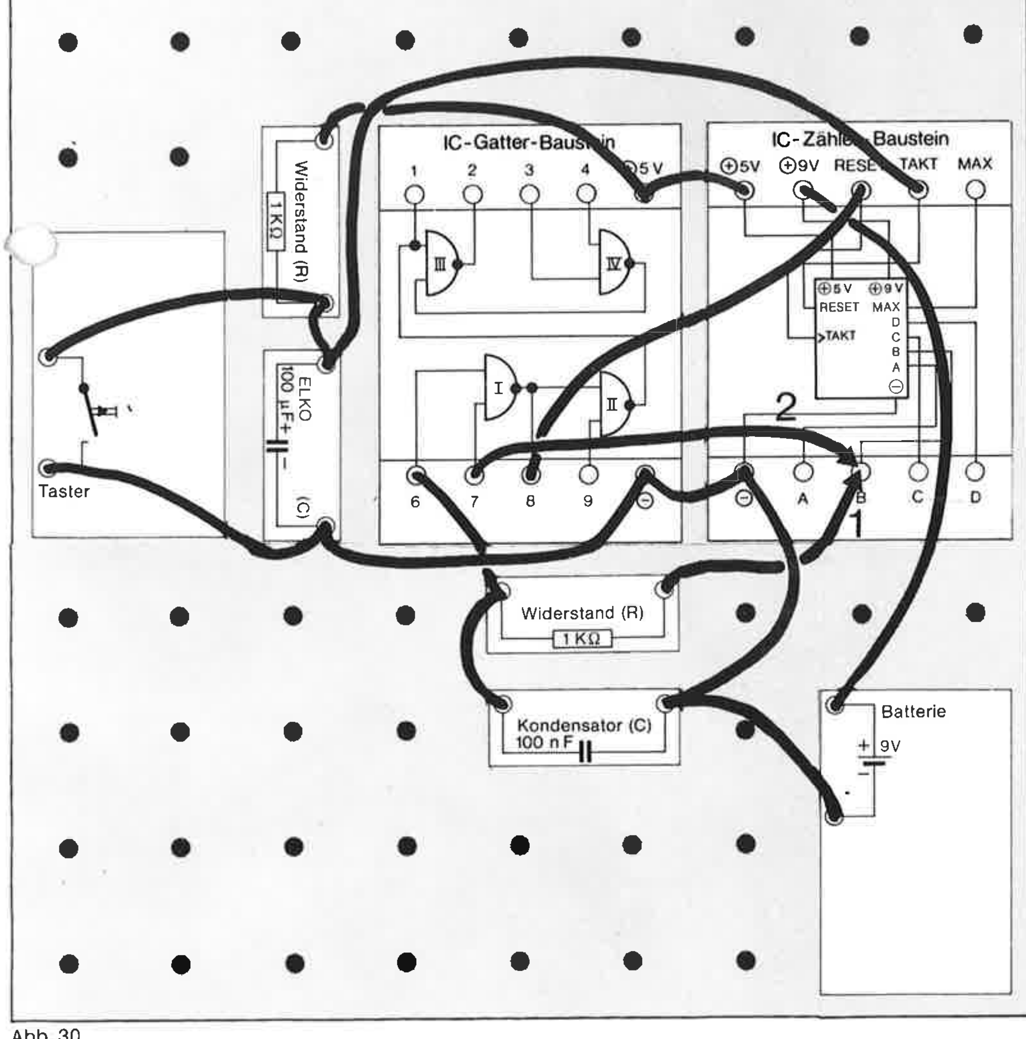


Abb. 30

Wie funktioniert diese Schaltung?

Wir wissen, daß man den Zähler mit einem Low-Signal am Reset-Eingang rücksetzen kann. Bei dieser Schaltung wird das Rücksetz-Signal nicht mit einem Taster an den Reset-Eingang gelegt, sondern mit Hilfe eines Nand-Gatters erzeugt (siehe Schaltplan Abb. 30a). Wir benutzen aus dem IC-Gatterbaustein nur ein einziges Nand-Gatter (Eingänge 6 und 7, Ausgang 8). Dieses Nand-Gatter hat am Ausgang nur dann ein Low-Signal, wenn beide Eingänge high sind. Das Nand-Gatter wird über die Verbindungskabel 1 und 2 mit den Ausgängen (also den Dual-Zahlen) des Zähler-ICs gesteuert. Soll der Zähler z.B. nach der Zahl 5 zurücksetzen, dann liegen die beiden Gatter-Eingänge 6 und 7 am Zähler-IC-Ausgang C und B. Sobald die beiden Eingänge 6 und 7 durch die Ausgänge (in unserem Beispiel C und B) high werden, wird der Gatter-Ausgang low und damit der Zähler auf 0 zurückgesetzt.

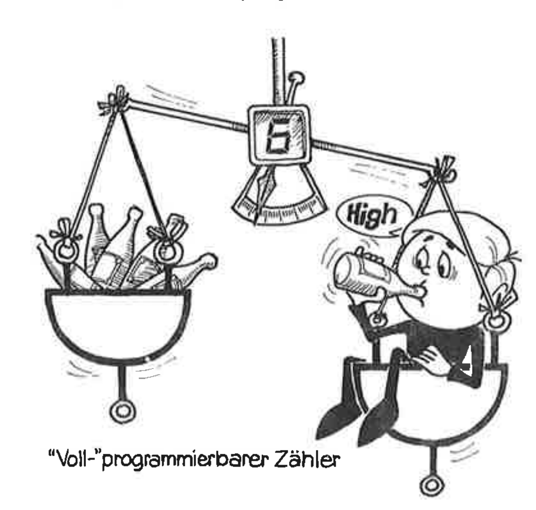
Eigentlich müßte die Tabelle, Abb. 31, mit der Umrechnungstabelle, Abb. 29, identisch sein. Wenn wir die Tabelle vergleichen, sehen wir, daß zur Erreichung der Ziffer 5 eigentlich die Ausgänge C und A erforderlich sind und nicht, wie von uns gewählt, die Ausgänge C und B. Um diese Feststellung zu verdeutlichen, schließen wir die Verbindungskabel 1 und 2 an den Ausgängen C und A an. Bei geschlossenem Taster bringt

die Leuchtanzeige eigenartigerweise nicht die gewünschte Zahl 5, sondern zeigt die Zahl 4 an. Es gibt hierfür eine sehr einfache Erklärung. Im gleichen Augenblick, also im Bruchteil einer Sekunde, bei welchem die Ausgänge C und A für die Ziffer 5 high werden, wird der Ausgang des Gatters low – die Zahl 5 wird also nur für den Bruchteil einer Sekunde angezeigt und ist nicht wahrnehmbar. Die Schaltung fällt sofort auf die Zahl 0 zurück. Wenn wir also die Ziffer 5 sichtbar machen wollen, muß laut Tabelle 29 die Ziffer 6 „angewählt" oder wie der Fachmann sagt „decodiert" werden.

Vielleicht wundern wir uns, daß das Kabel 1 über einen 100 nF-Kondensator und einen Widerstand an dem Gatter-Eingang angeschlossen ist. Wir haben zuvor gesehen, daß wir die Schnelligkeit der Schaltvorgänge unseres Zählers durch einen Trick überlisten mußten, indem wir die Zahl 6 „anwählten", wenn unser Zähler bei der Zahl 5 zurückgesetzt werden sollte. So stellen auch der Kondensator und der 1 KΩ-Widerstand eine Verzögerung dar. Durch dieses „Verzögerungsglied" wird ein Signal, welches über das Kabel 1 läuft, minimal verzögert. Dies ist aus folgenden Gründen notwendig:

Während des Umschaltens der Zählerausgänge kann es für sehr kurze Zeitspannen (einige milliardstel Sek.!) möglich sein, daß die Zählerausgänge eine Zwischenstellung einnehmen, die nicht korrekt ist. Durch das R-C-Verzögerungsglied (R = Widerstand, C = Kondensator) werden diese unkorrekten Übergangszustände unwirksam gemacht.

Vollprogrammierbarer Zähler für die Ziffer 0–6



"Voll-"programmierbarer Zähler

Beim vorangegangenen Versuch konnten wir für den Zähler-Stop die Zahl 6 nicht erreichen. Wir wissen, daß wir den Zähler-Stop bei Ziffer 7 anwenden müßten, damit die Zahl 6 auf der Leuchtziffern-Anzeige sichtbar wird. Wenn wir uns nochmals die Tabelle Abb. 29, ansehen, erkennen wir, daß sich für alle Ziffern zwischen 0 und 9 jeweils nur an einem oder zwei Ausgängen des Zähler-ICs ein high ergibt. Ausnahme ist die Ziffer 7, die an den Ausgängen A, B und C, also dreimal, ein high ergibt. Logischerweise darf die Rücksetzung in diesem Fall nur dann erfolgen, wenn dieses dreimalige high zum Zurücksetzen am Reset-Eingang des Zählers ein low bekommt. Während wir bisher Gatter mit jeweils 2 Eingängen benutzten, benötigen wir für diesen Zweck ein Nand-Gatter mit 3 Eingängen. Wie ein solches Nand-Gatter verwirklicht werden kann, ergibt sich aus dem Aufbauplan 32. Durch die geänderte Anordnung können wir jetzt auch bis zur Ziffer 6 mit automatischer Rücksetzung zählen.

Wie funktioniert diese Schaltung?
Unsere Schaltung arbeitet ähnlich wie beim vorangegangenen Versuch. Während wir zuvor nur 1 Nand-Gatter mit 2 Eingängen benutzten, sind jetzt alle 4 Nand-Gatter mit jeweils 2 Eingängen zu einem großen Nand-Gatter mit 3 Eingängen zusammengeschaltet. Am IC-Gatterbaustein werden die Nummern 3, 4 und 7 als Eingänge benutzt, der Ausgang liegt am Punkt 8 (vergleiche mit Schaltplan, Abb. 32a). Der Ausgang 8 des Gatters I kann nur dann low sein, wenn seine beiden Eingänge high sind. Der Eingang 7 wird durch den IC-Zähler-Baustein gesteuert, während der Eingang 6 sein Signal vom Gatter III erhält. Damit der Ausgang 2 des Gatters III high wird (und somit auch der Eingang 6 des Gatters I ein high erhält), muß mindestens einer der beiden Eingänge des Gatters III low sein. Der eine Eingang wird intern durch das Gatter II auf high gehalten. Der andere Eingang wird vom Gatter IV gesteuert. Der Ausgang des Gatters IV wird jedoch nur dann low, wenn seine beiden Eingänge high geworden sind.

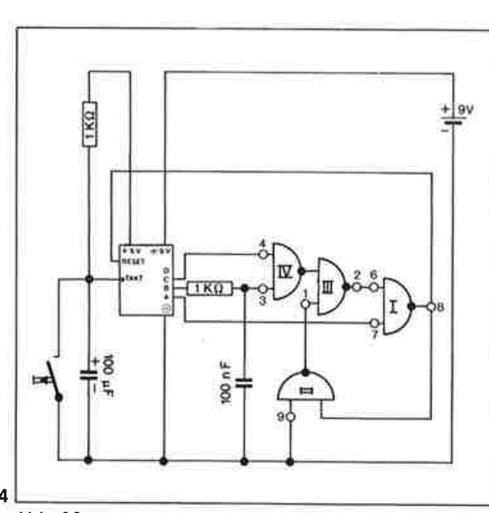


Abb. 32a

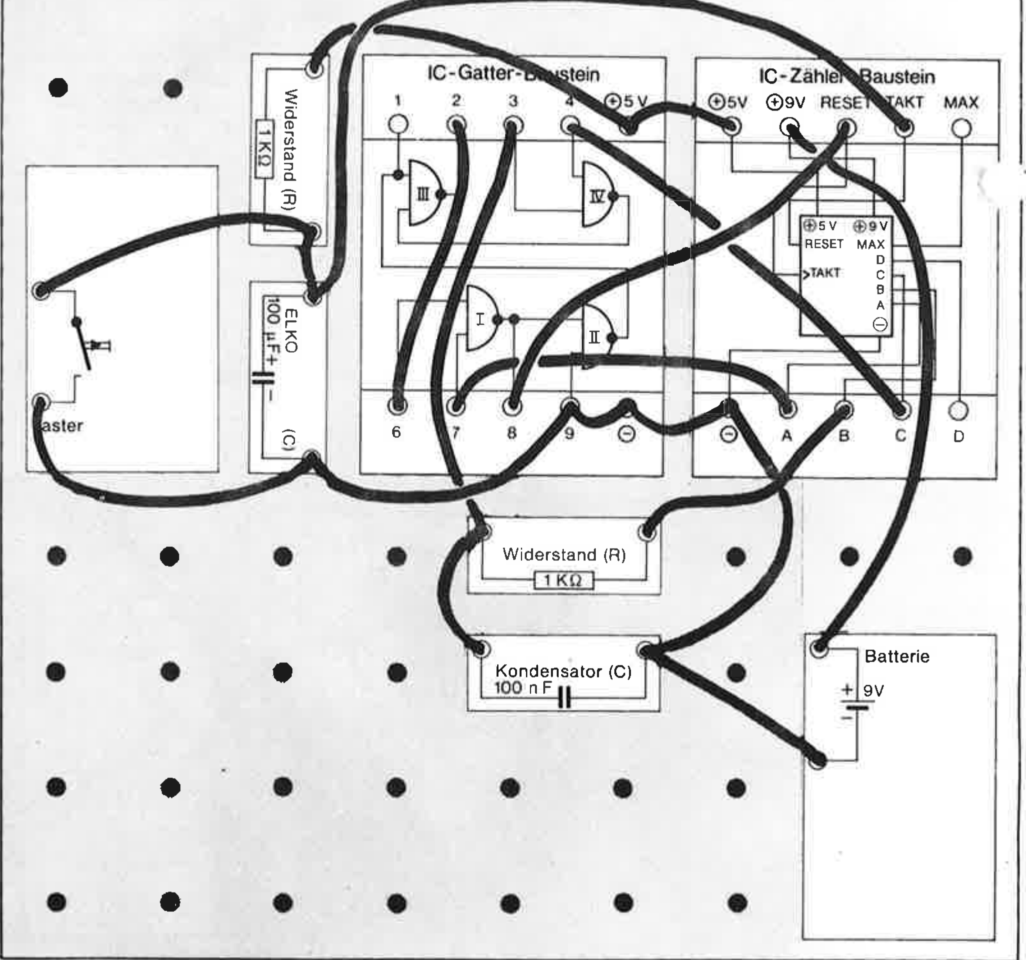


Abb. 32



Manueller Zähler von 0–19

Bei den vorangegangenen Versuchen hat unser digitaler Zähler automatisch gezählt. Mit der Schaltung nach Aufbauplan, Abb. 33, ergibt sich ein manueller, durch Tastendruck arbeitender Zähler. Unser Gerät ist nach Anschluß der Batterie einsatzbereit. Bei jedem Tastendruck wird um eine Zahl weitergezählt. Da unsere Leuchtziffernanzeige nur die Zahlen 0–9 anzeigt, benutzen wir die LED für die ab Ziffer 10 erforderliche Dezimalstelle. Sobald wir die Zahl 9 überspringen, leuchtet für die Ziffer 10 zusätzlich die LED auf, so daß wi jetzt bis 19 zählen können. Selbstverständlich können wir auch bei dieser Schaltung den Zählerstand auf 0 zurücksetzen, indem wir die im Schaltplan 33 punktierte Verbindungsleitung von der LED kurz an den Eingang 7 des IC-Gatterbausteins führen.

Wie funktioniert diese Schaltung?
Die linke Seite des Schaltplans, Abb. 33a, haben wir bei unserem ersten einfachen Zähler kennengelernt. Auch das im Schaltplan rechts dargestellte RS-Flipflop ist uns von den Experimenten mit der Memory-Schaltung bekannt. Beide Schaltungsteile wurden für diesen Versuch zusammengenommen. Wir wissen, daß wir mit unserem einfachen Zähler bei jedem Tastendruck von 0–9 zählen können, wobei nach 9 automatisch wieder die 0 erscheint. Beim Übergang von 9 nach 0 muß unser RS-Flipflop am Eingang 9 des Gatters II einen Low-Impuls bekommen, damit die LED aufleuchtet. Der Eingang 9 des Gatters II ist über den 1 KΩ-Widerstand ständig mit ⊕ 5 Volt verbunden. Dieser Eingang ist somit ständig high. Im Schaltplan erkennen wir eine zweite Verbindung, die vom Zähler-IC (Ausgang D) über einen 100 nF-Kondensator ebenfalls zum Eingang 9 führt. Wenn wir uns jetzt noch einmal die Tabelle, Abb. 29 ansehen, so erkennen wir, daß bei den Ziffern 0–7 am Ausgang D des Zähler-ICs ständig ein low (also eine negative Spannung) vorhanden ist. Bei den Ziffern 8 und 9 ergibt sich jedoch am Ausgang D ein high. An beiden Kondensator-Anschlüssen steht nun ein „high" an, d. h. der Ausgang D des Zählers und Eingang 9 des Gatters II haben die gleiche Spannung – der Kondensator entlädt sich. Wenn die Ziffern-Anzeige jedoch von 9 nach 0 springt, wird der Ausgang D des Zählers wieder low. Solange der Kondensator entladen ist, liegt dieses Low-Signal auch am Eingang 9 des Gatters II an. Dieses kurzfristige low bringt unser RS-Flipflop zum kippen – die LED leuchtet. Da wir wissen, daß das RS-Flipflop diesen erreichten Zustand nicht mehr ändert, leuchtet die LED so lange, bis wir am Gatter-Eingang 7 ein low durch die beschriebene Rücksetz-Verbindungsleitung verursachen.

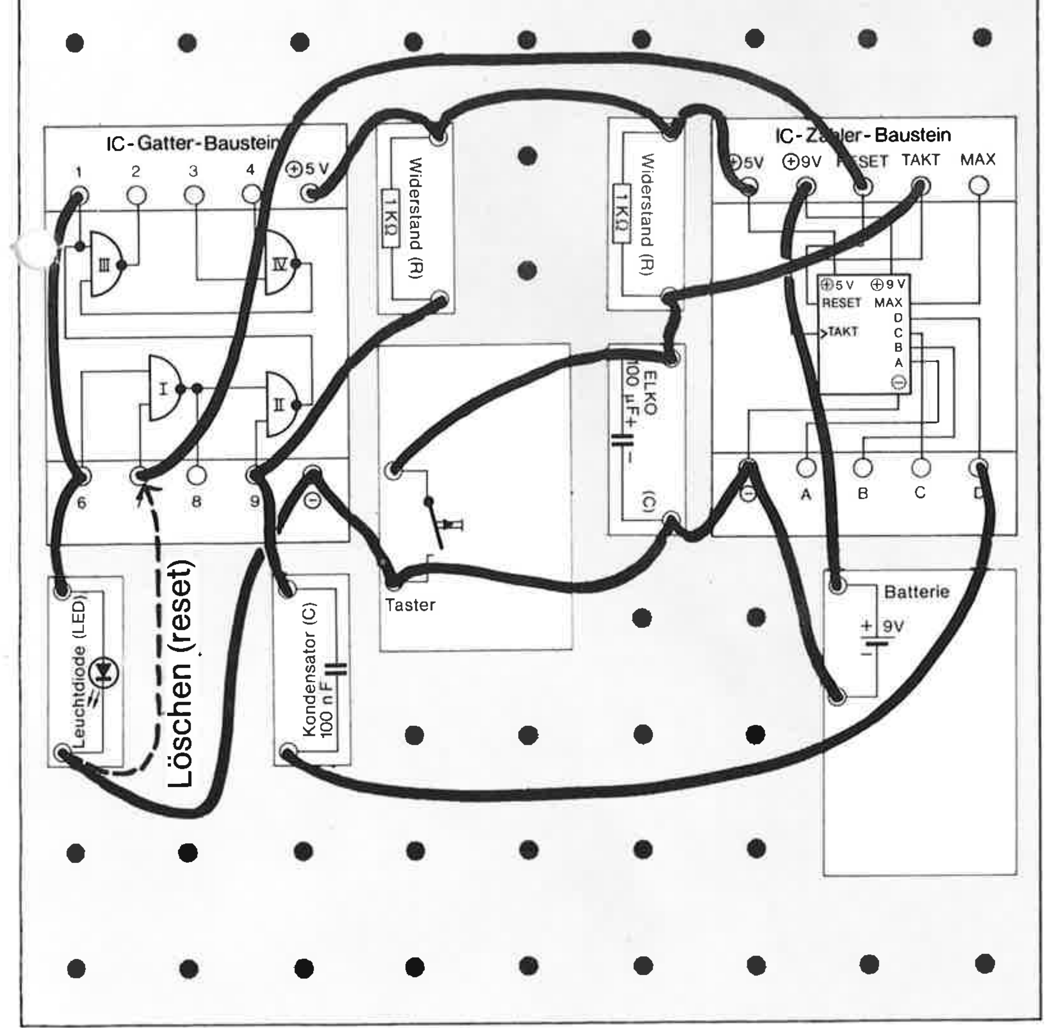


Abb. 33

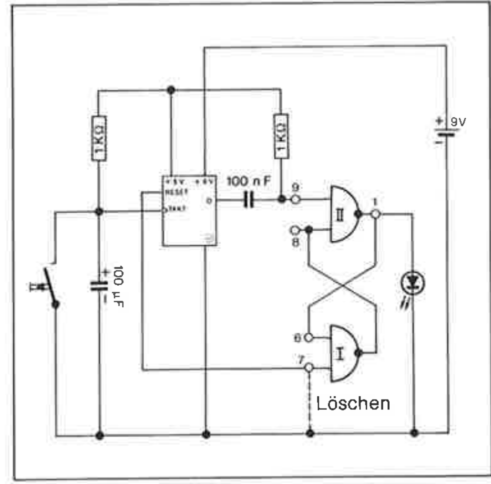


Abb. 33a

Zweiter Teil

Die folgenden Versuche können durchgeführt werden, wenn zusätzlich zum Digital-Studio 2075 das große Electronic-Studio 2070 vorhanden ist.

Das Electronic-Studio 2070 ist mit seinem Elektronik-Center und über 100 Geräteschaltungen Mittelpunkt der Electronic-Studio-Serie.

Durch die Kombination des Electronic-Studios 2070 mit der Digital-Technik 2075 ergibt sich eine Vielfalt elektronischer Bauelemente, mit deren Hilfe hochinteressante Geräteschaltungen möglich sind.

Nachdem wir bei den jetzt folgenden Versuchen mit wesentlich mehr Bauelementen arbeiten, ist vor Inbetriebnahme eine besonders gründliche Überprüfung der hergestellten Leitungsverbindungen notwendig. Wir sollten die Versuchsbeschreibung genau lesen, damit wir sofort erkennen, ob beim Einschalten der gewünschte Experimentier-Effekt erreicht wird. Ist dies nicht der Fall, sollte das Gerät sofort wieder abgeschaltet und ein eventueller Fehler im Leitungsaufbau gesucht werden.

Digitaler Würfel mit elektronischem Ausrolleffekt

Wir nehmen den Aufbau gemäß Abb. 34 vor. Als letztes Bauelement wird der Batterieanschluß hergestellt. Zur Inbetriebnahme bringen wir den Schiebeschalter in Stellung A. Bei geschlossenem Taster „würfelt" die Schaltung – die Ziffernanzeige flackert. Wird der Taster geöffnet, wird der Würfelvorgang unserer Schaltung sichtbar, weil der bisher schnell zählende Zähler immer langsamer wird – die Leuchtziffern-Anzeige zeigt den ausrollenden Zahleneffekt bis sie bei einer vorher nicht zu bestimmenden Zahl zwischen 0 und 6 stehenbleibt. Wird dieser elektronische Würfel für Spielzwecke eingesetzt (was ohne weiteres möglich ist), kann z.B. vereinbart werden, daß die normalerweise nicht vorkommende Zahl 0 einen „Pasch" bedeutet, oder daß bei der unerlaubten Zahl 0 nochmals gewürfelt, d.h. der Taster erneut betätigt werden muß.

Wie funktioniert diese Schaltung?
Wir gehen davon aus, daß die bisher bekannten Zähler- und Gatterbeschreibungen nicht erneut wiederholt werden, und daß die aus dem Studio 2070 neu hinzukommenden Bauteile durch das Anleitungsbuch 2070 bekannt sind.

Im Schaltplan 34a erkennen wir auf der linken Seite einen 100 µF-Elko. Solange der Taster geschlossen ist, wird dieser Elko aufgeladen. An der Basis des Transistors T 1 steht eine positive Spannung, wodurch seine Collector-Emitter-Strecke leitend ist. Damit steht auch an der Basis von T 2 eine positive Spannung. T 2 und T 3 sind als astabile Kippstufe (Anleitungsbuch 2070, Seite 26) geschaltet. Sie arbeitet als schnelle Blinkschaltung, d.h., daß vom Collector des Transistors T 3 abwechselnd ein High- bzw. Low-Signal an den Takt-Eingang des IC-Zähler-Bausteins geführt wird. Der Zähler zählt mit jeder Schwingung um eine Zahl weiter. Wird der Taster geöffnet, entlädt sich der 100 µF-Elko langsam über den 4,7 KΩ-Widerstand. Damit sinkt gleichzeitig die Spannung an der Basis von T1, wodurch sich dessen Collector-Emitter-Strecke langsam schließt. Da auch die Basis-Spannung von T2 immer kleiner wird, arbeitet die Kippstufe immer langsamer, wodurch auch die Geschwindigkeit des Zählers verringert wird. Sobald der 100 µF-Elko völlig entladen ist, sperrt Transistor T 1, wodurch an T 2 die Basis-Spannung fehlt – die Kippstufe schwingt nicht mehr – der Zähler bleibt bei einer Zahl stehen.
Die 4 Gatter des IC-Gatterbausteins sind wieder als Nand-Gatter mit 3 Eingängen geschaltet und sorgen dafür, daß der IC-Zählerbaustein nur bis zur Zahl 6 zählen kann. Wir haben diese Schaltung beim programmierbaren Zähler kennengelernt. Die in der Schaltung ebenfalls verwendete LED, sowie die Widerstände 470 Ω und 1 KΩ schützen den Takt-Eingang des IC-Zählers vor Spannungen, die eventuell größer als 5 Volt sind.

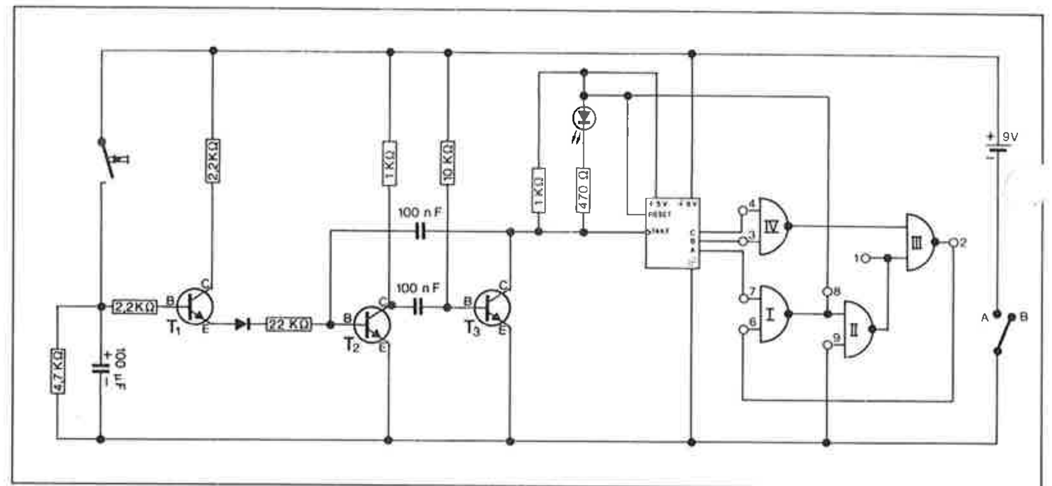


Abb. 34a

Abb. 34

Akustischer Stichproben-Controller



Der MAX-Ausgang des IC-Zählerbausteins

Mit dem Versuch gemäß Aufbauplan 35 werden wir die Funktion des MAX-Ausgangs des IC-Zählerbausteins kennenlernen. Nach kontrolliertem Schaltungsaufbau nehmen wir das Gerät mit Schiebeschalterstellung A in Betrieb. Mit jedem Tastendruck wird, wie bekannt, eine Zahl weitergezählt. Immer wenn die Zahl 9 angezeigt wird, ertönt aus dem Lautsprecher ein Pfeifton. Ein derartiges Gerät könnte z.B. bei einer Fließband-Produktion eingesetzt werden, um darauf aufmerksam zu machen, daß jedes 9. Fließbandteil einer besonderen Prüfung unterzogen wird. Eine solche Fließband-Überwachung könnte auch automatisch vorgenommen werden, wenn wir diesen Versuch mit dem später beschriebenen opto-elektronischen Addierer kombinieren.

Wie funktioniert diese Schaltung?

Aus dem Schaltplan 35a erkennen wir, daß die Transistoren T 2 und T 3 als astabile Kippstufe einen Tongenerator bilden. Dieser Tongenerator wird über den Transistor T 1 angesteuert. Die Basis von T 1 wiederum erhält die Ansteuerung über den 4,7 KΩ-Widerstand vom MAX-Ausgang des Zähler-ICs. Solange der Zähler die Zählvorgänge von 0–8 ausführt, ist der MAX-Ausgang des IC-Zählerbausteins high – T 1 hat über den 4,7 KΩ-Widerstand die notwendige Basis-Spannung. Durch seine leitende Collector-Emitter-Strecke wird die Basis-Emitter-Strecke von T 2 überbrückt. Der Tongenerator kann nicht schwingen. Nur bei der Ziffer 9 wird der MAX-Ausgang des IC-Zählers low – Transistor T 1 sperrt – der Tongenerator aus T 2 und T 3 schwingt, die erzeugte Tonfrequenz wird im Lautsprecher hörbar. Springt der Zähler von Ziffer 9 nach 0 ergibt sich wieder der zuvor beschriebene Zustand – der Pfeifton wird unterbrochen.

Da der IC-Zähler immer bei der Ziffer 9 ein High-Signal an den MAX-Ausgang führt, kann mit diesem Signal ein weiterer Zähler-IC angesteuert werden. Der folgende Versuch vermittelt uns hierzu die notwendigen Kenntnisse.

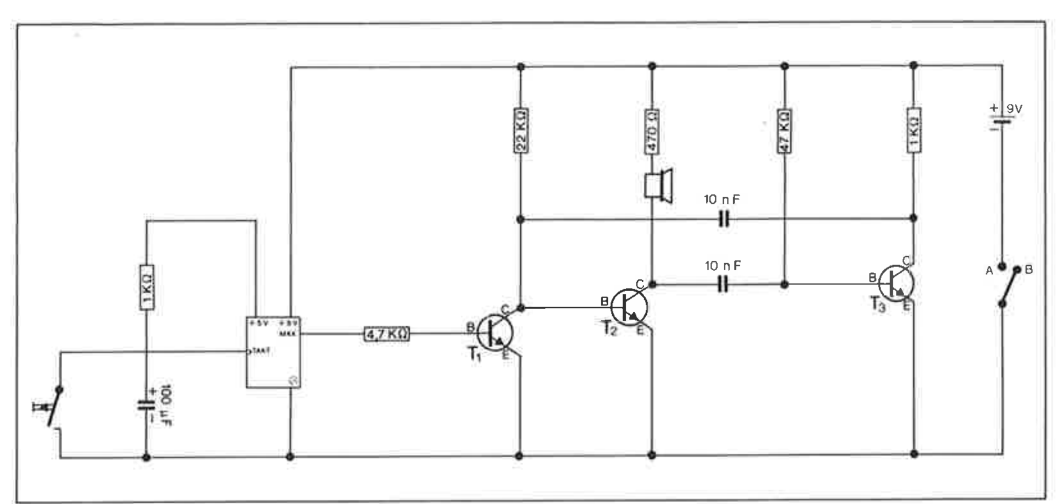


Abb. 35a

Abb. 35

Kombination mehrer IC-Zählerbausteine

Der IC-Zählerbaustein ist unter der Bestellnummer 20801 auch einzeln lieferbar. Da wir durch die Kombination mehrere Zähler-IC zweistellig oder dreistellig zählen können, ergeben sich eine ganze Reihe Experimentiermöglichkeiten, die wir uns aufgrund des bisher Gelernten selbst ausdenken können. Die Kombination der 3 IC-Zählerbausteine stellt einen dreistelligen einfachen Zähler dar, welcher bei jedem Tastendruck um eine Zahl weiterzählt. Unser Gerät ist in Schiebeschalterstellung A betriebsbereit.

Aus dem Aufbauplan, Abb. 36, und dem Schaltplan Abb. 36a, ergeben sich die grundsätzlichen Erklärungen. Wir sehen, daß der MAX-Ausgang der ersten Zählerstufe mit dem Takt-Eingang der nächsten Zählerstufe verbunden wird. Mit dieser Verbindungsleitung ist automatisch sichergestellt, daß bei einem Zählvorgang nach dem Umspringen von 9 auf 0 die nächste Zählerstufe angesteuert wird. Mit den 3 Zähler-Bausteinen, wie sie im Schaltplan 36a dargestellt sind, können wir bereits bis 999 zählen.

Einige der folgenden Versuche werden wesentlich interessanter, wenn wenigstens 2 IC-Zählerstufen vorhanden sind, d.h., daß bis 99 gezählt werden kann. So können mehrere Zählerbausteine beim opto-elektronischen Addierer, elektronischen Rechner, digitaler Stopuhr, Schrecksekunden-Messer usw., wie in den Plänen 36 angezeigt, miteinander verschaltet werden. Wir beachten, daß die Reset-Eingänge grundsätzlich parallel zu schalten sind.

Mit einer Batterie bzw. einem Netzgerät können maximal 3 IC-Zählerbausteine betrieben werden. Wir wissen, daß die 9-Volt-Spannung sehr stark absinkt, wenn zuviel Energie gleichzeitig aus einer Batterie oder dem Netzgerät entnommen wird. Vor allem Batterien, die schon längere Zeit benutzt worden sind, haben einen starken Spannungsabfall. Sollte uns ein Versuch mit einem oder mehreren IC-Zählerbausteinen nicht gelingen, so könnte dies auch an einem zu großen Spannungsabfall des Energiespenders liegen. Bei Versuchen mit höheren Stromverbrauch können wir ohne weiteres 2 oder 3 Batterien (bzw. Netzgeräte) gleichzeitig verwenden, wobei wir folgende Grundregel unbedingt beachten müssen:

Die Minuspole der beiden Batterien werden miteinander verbunden. Die Pluspole bleiben in jedem Fall getrennt. Der Schaltplan 36b zeigt uns die Verdrahtung, wenn für den gleichen Schaltungsaufbau 2 getrennte Stromquellen verwendet werden. So betreibt die Batterie 1 einen IC-Zählerbaustein (also einen Schaltungsteil), während die Batterie 2 die beiden anderen IC-Zählerbausteine als zweiten Schaltungsteil mit Strom versorgt. In gleicher Weise können auch andere Schaltungsaufbauten mit 2 Batterien betrieben werden, indem eine Batterie z.B. den IC-Zähler- und Gatter-Baustein be-

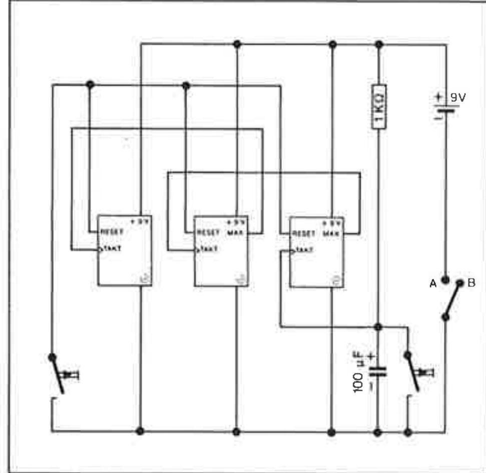




Abb. 36a

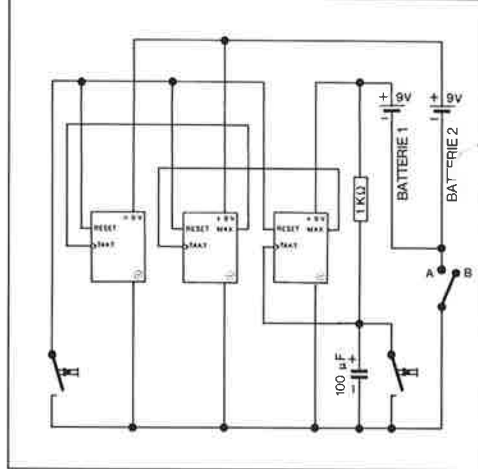


Abb. 36b

Abb. 36

treibt, während die zweite Batterie für die übrige Elektronik (Transistoren, Leuchtdioden usw.) verantwortlich ist, wenn wir bei 2 Batterien den Minus- und den Pluspol miteinander verbinden, besteht die Gefahr einer Selbstentladung.

Opto-elektronischer Addierer

Dieses Gerät kann z.B. als digitaler Rundenzähler für Autorennbahnen bzw. für alle Zählversuche verwendet werden, bei denen ein Hell-Dunkel-Wechsel zum Zählen ausgenutzt werden kann. Wie üblich ist das nach Aufbauplan, Abb. 37 erstellte Gerät bei Schiebeschalterstellung A betriebsbereit. Mit dem Potentiometer (P) kann die Hell-Dunkel-Empfindlichkeit des LDR den bestehenden Lichtverhältnissen angepaßt werden. Das Potentiometer wird so eingestellt, daß die LED gerade nicht mehr leuchtet. Wird der LDR etwas verdunkelt, zählt unser Zähler jeden Wechsel zwischen hell und dunkel. Der Taster dient zur Rücksetzung des Zählerstandes auf 0.

Wir können auch den LDR durch ein entsprechend langes Verbindungskabel aus dem Gerät herausführen und mit einer zusätzlichen Lichtquelle eine Lichtschranke aufbauen, wie sie auf Seite 47 des Anleitungsbuches 2070 beschrieben wurde. Eine solche Lichtschranke zählt z.B. wieviele Personen durch eine bestimmte Tür gegangen sind, oder sie kann als Rundenzähler beim Modell-Autorennen verwendet werden. Auch die Kombination mit dem vorher beschriebenen Stichproben-Controller ist möglich, weil wir dann bei jedem 9. Zählvorgang durch ein akustisches Signal aufmerksam gemacht werden. So könnte der Pfeifton des Lautsprechers z.B. dazu dienen, daß ein Modell-Autorennen nach der 9. Runde abgebrochen wird.

Wie funktioniert diese Schaltung?
Die Transistoren T 1 und T 2 stellen einen „lichtempfindlichen Schalter" dar (Beschreibung Anleitungsbuch 2070, Seite 46/47). Sobald der LDR verdunkelt wird, leuchtet die LED auf, d.h. der Collector des Transistor T 2 wird low. Wenn der LDR anschließend wieder die eingestellte Helligkeit erhält, geht die LED aus, d.h. der Collector T 2 wird high. Dieser High-Impuls wird an den Takteingang des IC-Zählerbausteins weitergegeben und gezählt.

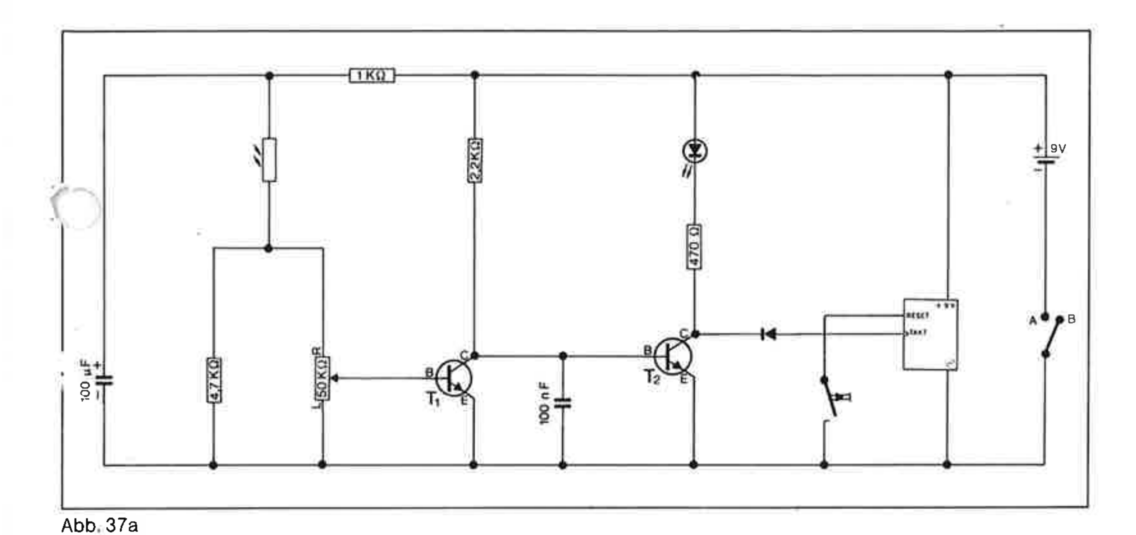


Abb. 37a

Abb. 37

Versuch zur Datenfernübertragung

In der Praxis ist es oftmals üblich, daß mehrere Datenverarbeiter ein gemeinsames Rechenzentrum (Großcomputer) benutzen, um bei den kleineren Außenstellen die Kosten für einen größeren Computer einzusparen und die Rentabilität eines gemeinsamen Rechenzentrums zu steigern. In diesem Falle benutzen die Außenstellen kleinere Datenerfassungsgeräte. Die erfaßten Daten werden z. B. in den Nachtstunden über eine gemietete Telefonleitung zum Rechenzentrum überspielt und dort verarbeitet und ausgewertet.

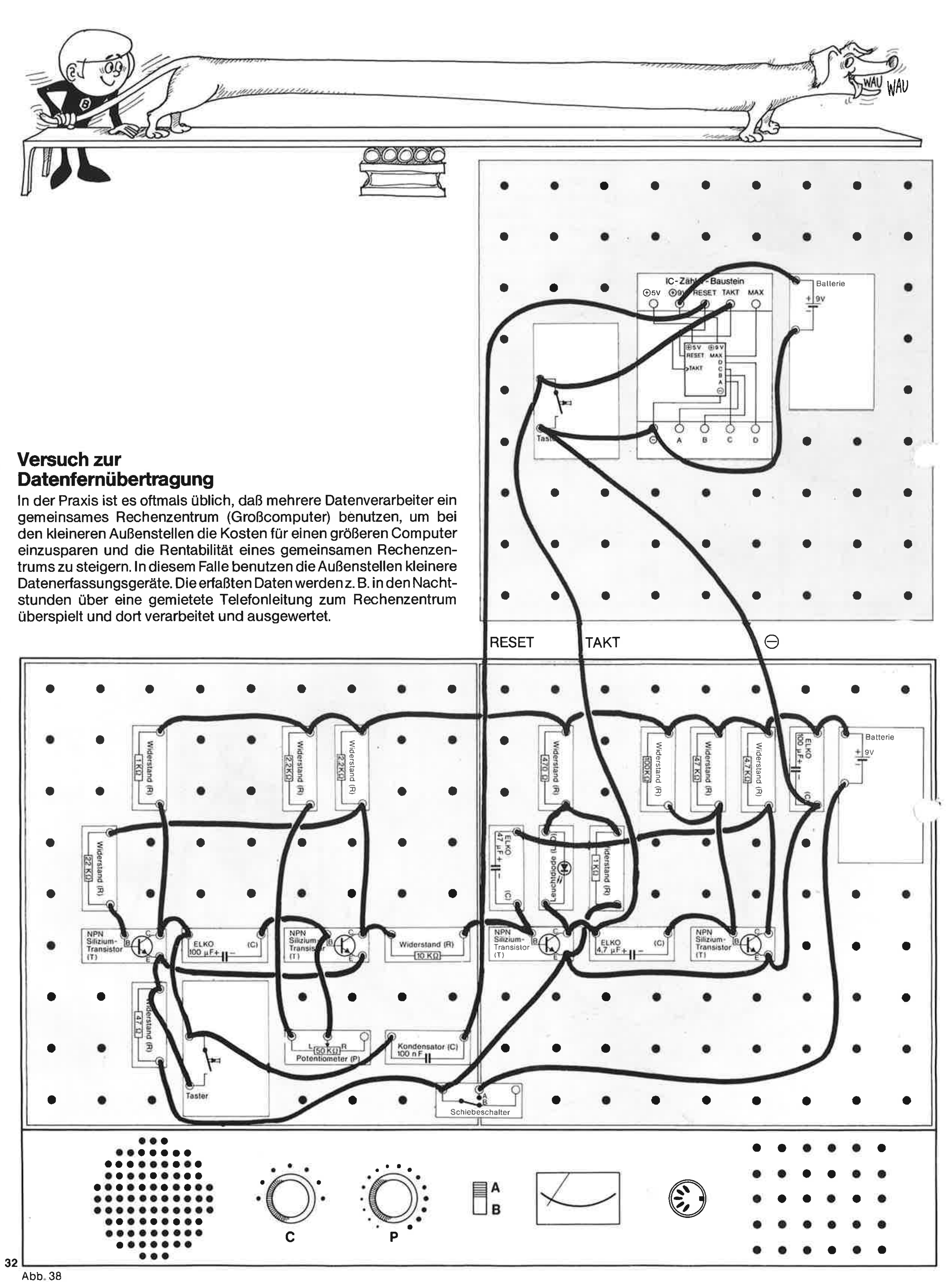


Abb. 38

Die Abb. 38 zeigt uns einen Schaltungsaufbau, mit welchem prinzipiell die Übertragung von digitalisierten Daten über eine gewisse Entfernung möglich ist. Im Gehäuse des Electronic-Studios 2070 ist der Sender untergebracht, während der kleinere Schaltungsteil den Empfänger darstellt. Sender und Empfänger sind über eine dreifache Verbindungsleitung für Masse (Minuspol), Takt und Reset mitkeinander verbunden. Am Potentiometer des Electronic-Studios kann unser Gerät so eingestellt werden, daß bei Tastendruck ein Impuls bzw. bis zu max. 10 Impulse automatisch erzeugt werden, welche im entfernt untergebrachten Zählerbaustein gezählt und als Zahlen angezeigt werden. Die Zählimpulse werden verhältnismäßig langsam erzeugt, so daß sie durch das jeweilige Aufleuchten der LED mitgezählt werden können. Am Potentiometer kann eine provisorische Skala angebracht werden, welche die Einstellung für 2, 5, 8 Impulse usw. ermöglicht. Mit dem Empfänger könnte ein Code vereinbart sein, wodurch die aufleuchtenden Zahlen eine bestimmte Information darstellen. Mit der beim Sender installierten Taste kann das beim Empfänger angezeigte Ergebnis immer wieder auf 0 zurückgesetzt werden. Betätigt der Empfänger seine Taste, leuchtet beim Sender die rote LED auf, z.B. als Zeichen, daß die Information verstanden wurde.

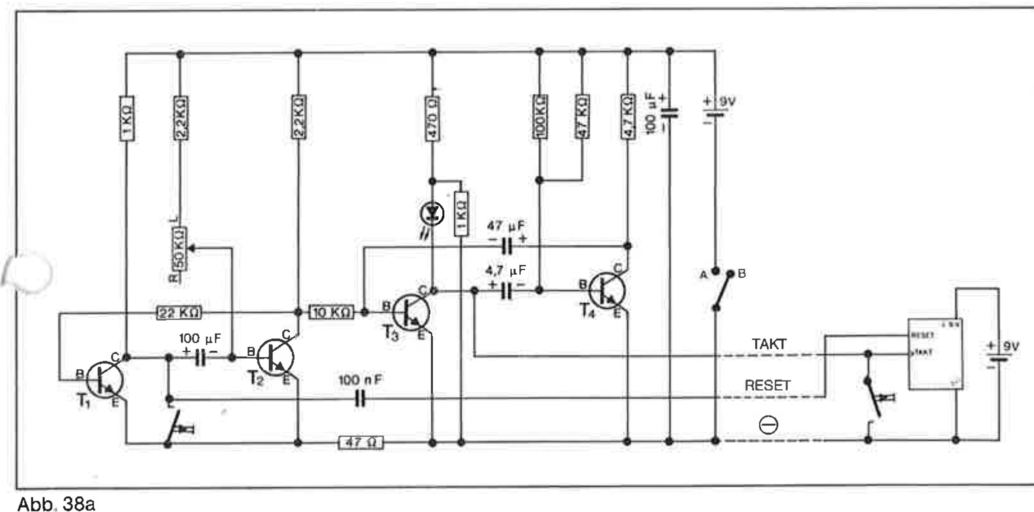
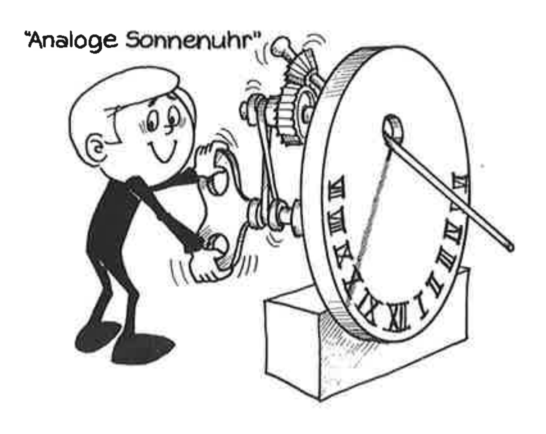


Abb. 38a

Wie funktioniert diese Schaltung?
Die Sender-Schaltung entspricht im wesentlichen der „automatischen Telefonwählscheibe", die wir im Anleitungsbuch 2070 auf Seite 95 kennengelernt haben. Beim Empfänger ist eine einfache Zählerschaltung installiert.

Was ist „Digital" und „Analog"?



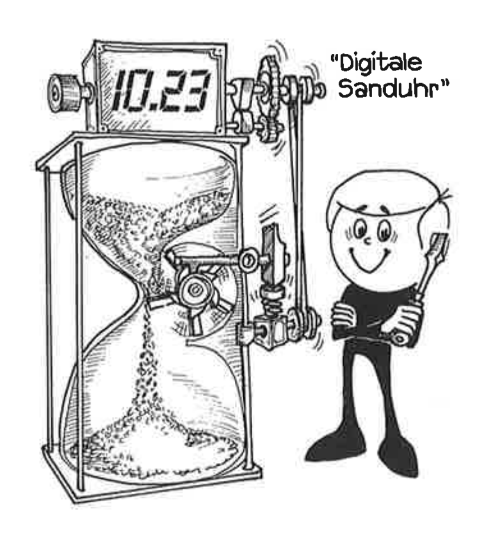
Bei der Prinzipschaltung einer Digitaluhr hatten wir dieses Thema kurz behandelt. Für die folgenden Versuche ist es vorteilhaft, hierüber etwas mehr zu wissen.

Mit den Electronic-Studios 2060, 2070 und 2072 haben wir uns überwiegend mit der „analogen" Verarbeitung von Signalen beschäftigt. So sagt der Fachmann „Analog-Technik", wenn er von der Verstärker-Technik spricht.

Wir erinnern uns, daß wir bei den Analog-Experimenten z.B. ein Eingangssignal, also einen Spannungsimpuls, mit Hilfe elektronischer Bauelemente (Transistoren, IC-Verstärker-Baustein) so verstärkten, daß die ursprüngliche Signalform zwar erhalten blieb, jedoch insgesamt erheblich verstärkt wurde (Radioversuche usw.). Das verstärkte Ausgangssignal folgt immer exakt dem Eingangssignal. So ist z.B. bei einem Meßinstrument der Zeigerausschlag proportional zur angelegten Spannung. Die Helligkeit eines Glühbirnchens bei einer Dimmer-Schaltung ist ebenfalls proportional zur angelegten Spannung.

Analog kommt vom griechischen „ana logon". Es bedeutet „Im richtigen Verhältnis" oder für unsere Zwecke noch genauer definiert „immer im gleichen Verhältnis". Typisch analog ist z.B. eine Sonnenuhr. Der von der Sonne verursachte Schatten bewegt sich immer im gleichen Verhältnis wie die Sonne selbst.

Im Gegensatz zur Sonnenuhr ist z.B. die Sanduhr ein typisch digitales Beispiel. In der Sanduhr werden kleine Einheiten, nämlich



Sandkörnchen, verarbeitet. Die Eieruhr z.B. zählt einen Zeitabschnitt von 5 Minuten mit hunderttausenden kleiner Sandkörnchen. Um den Zeitraum einer Stunde zu messen, werden 12x mehr Sandkörnchen benötigt als für 5 Minuten. Für einen Meß- oder Zählvorgang ist also eine bestimmte Zahl von Sandkorneinheiten notwendig.

Die digitale Arbeitsweise erklärt uns auch noch ein anderes Beispiel: Die alten Griechen und Römer benutzten die als Abakus bekannte Rechentafel, die auch heute noch manchem ABC-Schützen sagt „1+1=2". Aus dieser altgriechisch/römischen Rechenmaschine können wir jedoch sehr wesentliche digitale Erkenntnisse feststellen. Wenn wir z.B. nur mit Einheiten von DM 1,– bis DM 10,– rechnen wollten, würden 10 verschiebbare Kugeln hierfür ausreichen. Da wir jedoch nicht nur in DM sondern auch in Pfennigen rechnen, wären weitere 99 Kugeln notwendig. Je genauer wir rechnen wollen, um so mehr Kugeln sind erforderlich.

Wenn wir jetzt noch mit halben Pfennigen rechnen wollten, bräuchten wir auch noch halbe Kugeln, wobei jede halbierte Kugel wieder eine Einheit darstellen würde. Genau das gleiche gilt für die Digitaltechnik. Wir arbeiten grundsätzlich immer mit Einheiten – halbierte Einheiten gibt es nicht, es sei denn, daß die halbierte Einheit wieder eine eigene Einheit darstellt. So kann z.B. eine Digitaluhr die Minuten und Stunden anzeigen. Sie kann genauso zusätzlich Sekunden oder zehntel Sekunden und als digitale Stoppuhr auch hundertstel Sekunden anzeigen. Im letzteren Fall ist eben die einhundertstel Sekunde die Grundeinheit.

Nun haben wir die Arbeitsweise der Digital-Elektronik, (wie z.B. unserer Gatter) verstanden. Entweder ist am Gatter-Eingang eine Spannung vorhanden, dann ist der Eingang „high" oder es fehlt die Spannung, dann ist der Eingang „low". Ein halbes „low" oder ein halbes „high" gibt es nicht. Wenn z.B. ein Gatter zum Erkennen eines High-Signals eine Spannung von 2,5 V benötigt, reicht eine geringere Spannung für die Auslösung des High-Zustandes möglicherweise nicht aus – es bleibt „low" (englisch „zu nieder"). Durch wählen bzw. festlegen kleinster Einheiten arbeitet die Digitaltechnik sehr genau. Sie wird daher der analogen Verarbeitung vor allem dort vorgezogen, wo es auf Perfektion und Präzision ankommt.

Digital-Analog-Konverter

Für viele Menschen sind analoge Darstellungen oftmals aufschlußreicher als digitale Ergebnisse. Beispiel: die Armbanduhr. Für viele ist die analoge Zeitanzeige durch Zeiger und Ziffernblatt mit dem Ergebnis „viertel nach 2" einleuchtender als die digitale Zeitfeststellung „14.15 Uhr". Es gibt viele Fälle, bei welchen digitale Daten in eine analoge Größe umzuwandeln sind. Dies geschieht mit Hilfe sogenannter D-A-Konverter (Digital-Analog-Umsetzer).

Der Versuch nach Aufbauplan Abb. 39 zeigt einen einfachen Digital-Analog-Umsetzer. Wird das Gerät in Schiebeschalterstellung A eingeschaltet, können wir das durch Tastendruck auf der digitalen Leuchtanzeige erzielte Ergebnis auch am Meßinstrument ablesen. Bringt die Leuchtziffernanzeige die Ziffer 4, wird der Zeiger des Meßinstruments bei der Skala 0–10 ebenfalls ungefähr die 4 anzeigen. (Bei einem Teil der Electronic-Studios wird auch eine Instrumentskala von 0–5 verwendet, so daß wir dort das auf die Hälfte umgewandelte Ergebnis ablesen können).

Wie funktioniert diese Schaltung?
Unser Meßinstrument kann nur die Stärke eines Stromes (Größe einer Spannung) anzeigen. Also müssen die digitalen Ergebnisse des IC-Zähler-Bausteines in unterschiedlich große Ströme umgesetzt werden. Um bei der Meßinstrumentenskala im Bereich 0–10 die Ziffer 1 anzuzeigen, darf nur ein kleiner Strom fließen. Bei der Ziffer 1 ist der Ausgang A des Zählerbausteines high. Die an diesem Ausgang zur Verfügung stehende Spannung wird an das Meßinstrument weitergegeben. Da wir für die Zeigerstellung 1 nur einen geringen Strom benötigen, wurde zwischen dem Zählerausgang A und dem Meßinstrument ein 100 KΩ-Widerstand dazwischengeschaltet. Bei der Zahl 2 wird der Ausgang B des Zählers high. Dort ist die gleiche Spannungsgröße wie zuvor am Ausgang A vorhanden. Für die Zahl 2 am Meßinstrument muß jedoch der Strom genau doppelt so groß sein als zuvor bei der Zahl 1. Daher ist zwischen Ausgang B und Meßinstrument nur ein 47 KΩ-Widerstand (halber Widerstandswert ergibt doppelten

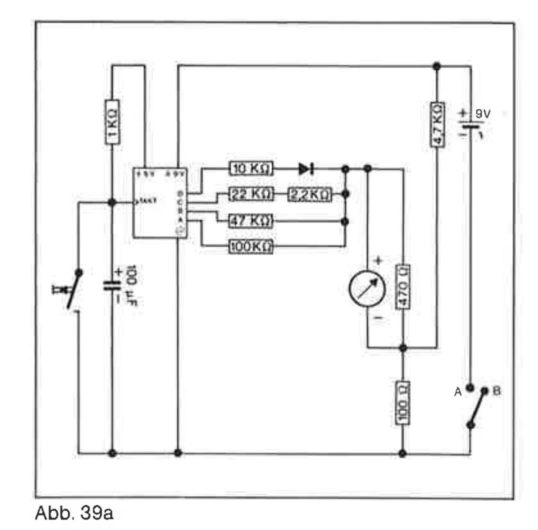


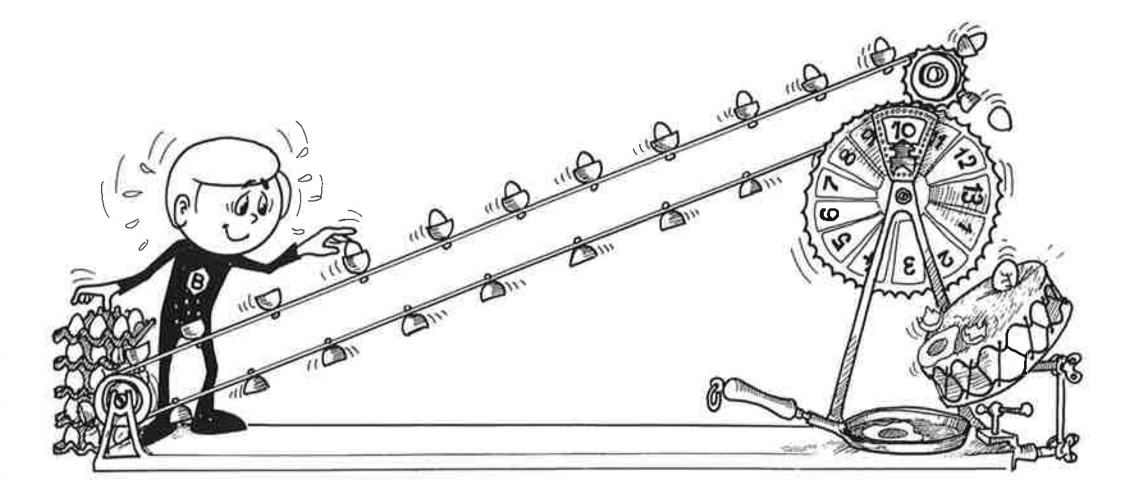
Abb. 39a

Stromfluß) vorgeschaltet. Bei der Zahl 3 sind die Ausgänge A und B high, d.h., daß zum Meßinstrument drei mal mehr Strom fließen muß gegenüber der Zahl 1. Dies ergibt sich aus den jetzt parallel geschalteten Widerständen 47 KΩ und 100 KΩ. Durch die einzelnen oder in Kombination high werdenden Ausgänge A bis D des Zähler-IC's ergibt sich durch die jeweils vorgeschalteten Widerstände oder Widerstandskombinationen die entsprechende Anzeige am Meßinstrument.

Auf dem Schaltplan 39a erkennen wir noch eine Diode, die zwischen dem Ausgang D und dem Meßinstrument vorhanden ist. Diese Diode schützt den mit einem 10 kΩ-Widerstand abgesicherten Eingang vor zu großen Strömen, die durch die übrigen Widerstandskombinationen ans Meßinstrument geführt werden und somit auch den Eingang D erreichen könnten.

Selbst wenn alle Ausgänge A bis D des Zähler-IC's low sind, ergibt sich nur ein geringer Stromfluß. Die auf der rechten Schaltplanseite vorhandenen Widerstände 100 Ω und 4.7 KΩ haben die Aufgabe, diesen geringen Strom zu kompensieren, damit bei der Zahl 0 das Meßinstrument auch effektiv die 0 anzeigt. Der zum Meßinstrument parellel geschaltete 470 Ω-Widerstand reduziert den Zeigerausschlag auf den ungefähr richtigen Anzeigewert.

Abb. 39



Akustischer Zähler

Das nach Abb. 40 aufgebaute Gerät wird durch Schiebeschalterstellung A eingeschaltet. Alsdann ist das Potentiometer bis zum rechten Anschlag zu drehen – die LED leuchtet hell. Potentiometer langsam zurückdrehen. bis die LED dunkel wird (bis sie gerade nicht mehr leuchtet). Jetzt ist das Gerät betriebsbereit.

Laute Geräusche, wie sie z. B. durch Händeklatschen entstehen, werden gezählt und durch Leuchtziffern angezeigt. Mit dem Taster kann die Anzeige auf 0 zurückgesetzt werden.

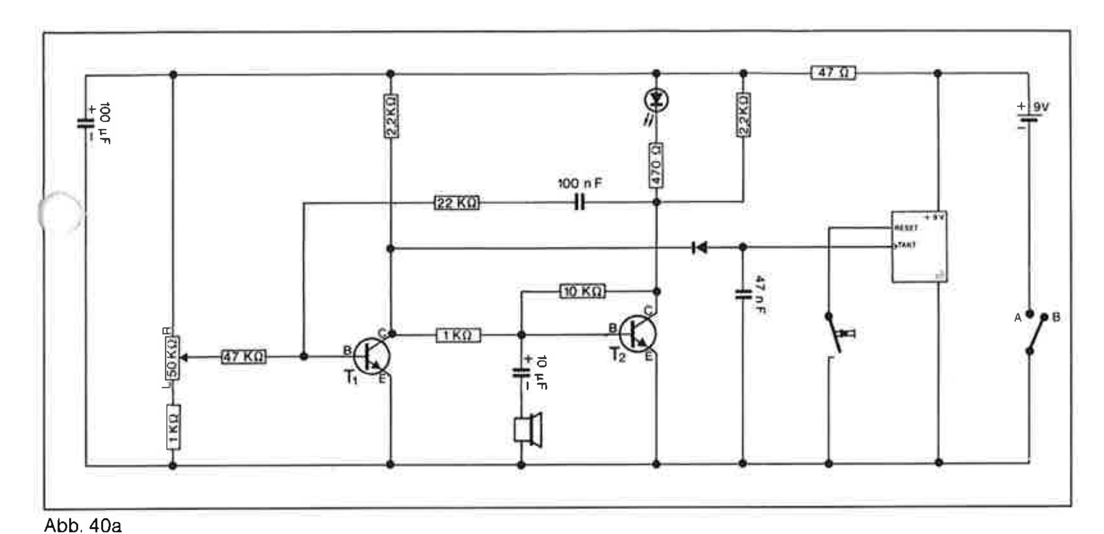


Abb. 40a

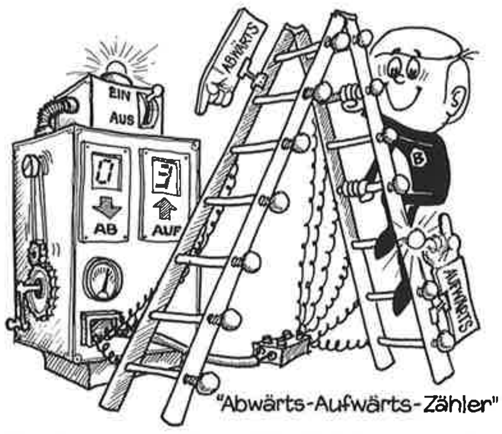
Wie funktioniert dise Schaltung?
Aus dem Schaltplan Abb. 40a erkennen wir, daß die Transistoren T 1 und T 2 zu einer monostabilen Kippstufe zusammengeschaltet sind (s. Anleitungsbuch 2070, Seite 38). Die von dem als Mikrophon benutzten Lautsprecher aufgefangenen Schallimpulse bewirken an der Basis des Transistors – T 2 Impulse, welche die Kippstufe „kippen" lassen. Dies wird über den Takt-Eingang des Zähler-IC's gezählt.

Leuchtdiode (LED)
Widerstand (R) 2,2 KΩ
Widerstand (R) 47 Ω
IC-Zähler-Baustein
⊕5V ⊕9V RESET TAKT MAX
Batterie +9V
ELKO 100 µF (C)
Widerstand (R) 2,2 KΩ
Widerstand (R) 470 Ω
Germaniumdiode (D)
Kondensator (C) 47 nF
A B C D
Widerstand (R) 22 KΩ
Kondensator (C) 100 nF
Widerstand (R) 10 KΩ
NPN Silizium-Transistor (T)
Widerstand (R) 1 KΩ
Widerstand (R) 47 KΩ
Taster
Potentiometer (P) 50 KΩ
ELKO 10 µF (C)
Lautsprecher
Widerstand (R) 1 KΩ
Schiebeschalter
A
B
C
P

Abb. 40

Elektronischer Rechner

Abwärtszähler - Aufwärtszähler



"Abwärts-Aufwärts-Zähler"

Der Versuchsaufbau Abb. 41 bringt uns einen noch sehr einfachen elektronischen Rechner. Mit Schiebeschalterstellung A wird unser Rechner eingeschaltet. Das Potentiometer und der daneben befindliche 100 KΩ-Widerstand geben dem Zähler-IC die Anzahl der Impulse, die jeweils addiert werden sollen. Je nach Potentiometerstellung ergeben sich in Verbindung mit dem 100 KΩ-Widerstand 2 bis 4 Impulse, die durch Tastendruck addiert werden. Wechseln wir den 100 KΩ-Widerstand gegen 47 KΩ aus, ergeben sich 4 bis 6 Impulse, die im IC-Zähler-Baustein addiert werden. Verwenden wir jetzt anstatt 47 KΩ einen 4,7 KΩ-Widerstand, wird der bisherige Aufwärtszähler je nach Poti-Stellung zum Abwärtszähler, (wir subtrahieren). Wir können die verschiedensten Widerstände zwischen 2,2 kΩ und 100 KΩ austauschen und je nach Potentiometerstellung die unterschiedlichsten Ergebnisse erzielen.

Wie funktioniert diese Schaltung?
Aus dem Schaltplan 41 a erkennen wir, daß die Transistoren T 1 und T 2 durch die 10 nF-Kondensatoren eine schnellschwingende astabile Kippstufe ergeben. Bei geöffnetem Taster werden die beiden 100 nF-Kondensatoren über den 470 KΩ-Widerstand aufgeladen. Bei geschlossenem Taster gelangt die aufgeladene positive Kondensator-Spannung für eine kurze Zeit an die Basis von T1. Während dieser kurzen Entladezeit kann die astabile Kippstufe schwingen. Wie oft die Kippstufe schwingen und damit Impulse erzeugen kann, hängt von der Kombination Potentiometer und 100 KΩ- (bzw. dem entsprechend ausgewechselten) Widerstand ab. Die Anzahl der von der astabilen Kippstufe erzeugten Schwingungen werden wieder dem Takteingang des Zähler-IC's zugeführt. Sobald die beiden 100nF-Kondensatoren entladen sind, werden keine neuen Impulse erzeugt - die gezählten Takte werden als Leuchtziffer angezeigt (Auf Seite 48 des Anleitungsbuches 2070 wird eine prinzipiell ähnlich arbeitende Kippstufe ausführlich beschrieben).

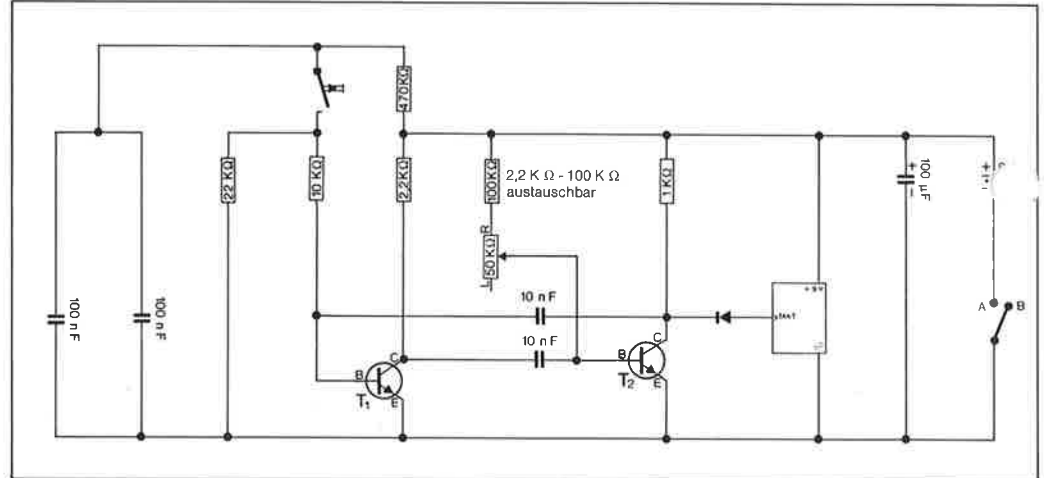


Abb. 41a

Abb. 41

Sensorgesteuerter Dimmer mit digitaler Helligkeitsanzeige

Sowohl die Sensor-Taste als auch die Dimmer-(Helligkeits-) Regelung einer Lichtquelle hatten wir im Anleitungsbuch 2070 auf den Seiten 13 bzw. 20 kennengelernt. Bei diesen früheren Versuchen wurde die Helligkeit durch die mechanisch am Potentiometer durchzuführende Regelung bewirkt. Bei diesem neuen Versuch nach Aufbauplan 42 wird die Helligkeitsregelung automatisch durchgeführt. Wenn wir die beiden Sensortasten durch entsprechend lange Verbindungskabel aus dem Gehäuse herausführen, ergibt sich sogar ein Dimmer, der durch ferngesteuerte Sensor-Tasten bedienbar ist.

Wie funktioniert diese Schaltung?
Unser Gerät ist wieder bei Schiebeschalterstellung A betriebsbereit. Berühren (überbrücken) wir die mit „EIN" bezeichneten Kontaktbuchsen der Sensor-Taste, wird die Glühlampe eingeschaltet -sie wird stufenweise heller. Die „Helligkeitsstufe" kann auch an der Leuchtanzeige abgelesen werden (0 = Lampe ist aus, 9 = Lampe brennt ganz hell). Nach loslassen der Sensor-Taste bleibt der eingestellte Helligkeitswert erhalten. Wird die mit „AUS" bezeichnete Sensor-Taste berührt, erlischt die Glühlampe sofort.

Wie funktioniert diese Schaltung?
Unser IC'Zähler-Baustein ist wieder mit einem D-A-Konverter zusammengeschaltet, wobei wir anstelle des vorher verwendeten Meßinstrumentes die Glühlampe einsetzten. Die Lampenhelligkeit wird über die Basis des Transistors T 3 angesteuert, wobei T 3 in gleicher Weise von den Ausgängen A bis D des Zählerbausteines angesteuert wird. Am Takteingang des Zählers erkennen wir die Blinklichtschaltung gem. Aufbauplan 24. So lange diese Blinklichtschaltung schwingt, zählt der Zähler. Die Schaltung kann jedoch nur dann schwingen, wenn die Eingänge 3 und 4 des Gatters IV low sind. Dies ist nur dann der Fall, wenn Transistor T 1 leitend ist, d.h. die Sensor-Taste „EIN" berührt (überbrückt) wird.

Transistor T 2 wird bei Berührung der Sensor-Taste „AUS" leitend, wodurch die Rücksetzsignale an den Reset-Zählereingang gelangen. Der Zähler wird auf 0 zurückgesetzt - die Lampe geht aus.
Bei Betätigung der Sensor-Taste „EIN" ist deutlich die stufenweise Veränderung der Helligkeit als typisch digitaler Effekt feststellbar. Nach gleichem Grundprinzip arbeiten auch die verschiedenen Fernsteuersysteme, z.B. beim Fernsehen für Lautstärke-, Kontrastregelung usw..

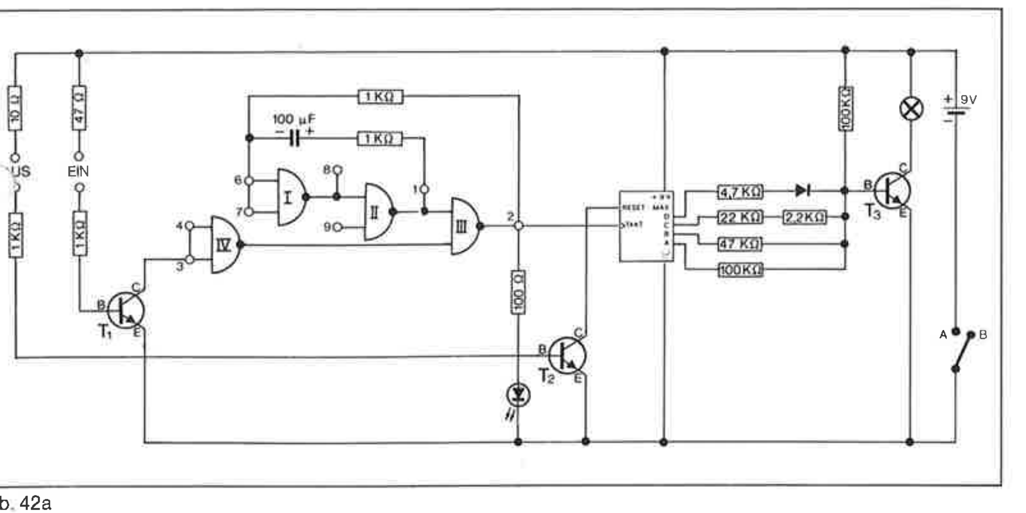
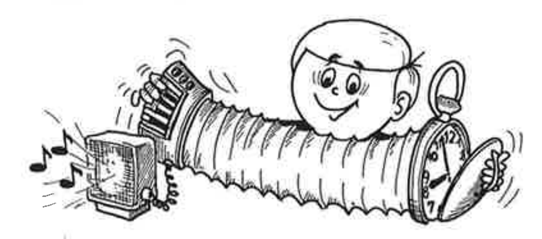


Abb. 42a

Abb. 42

Elektronische Spieluhr
Digitaler Frequenzwandler



Die Vorführung des Versuches gem. Aufbauplan Abb.43 dürfte bei unseren Freunden allgemeine Bewunderung finden. Wenn wir den Aufbau richtig vorgenommen haben, steht uns eine elektronische Musik-Spieldose zur Verfügung. Im Aufbauplan sehen wir 4 punktiert gezeichnete Verbindungsleitungen. Alle 4 Leitungen werden zunächst an den Ausgängen A bis D des IC-Zähler-Bausteines angeschlossen. Bei Schiebeschalterstellung A erzeugt unser Gerät zunächst 10 nacheinander ansteigende Töne. Vertauschen wir jetzt die zu den Ausgängen A bis D führenden Leitungen (zum Austauschen Gerät abschalten), spielt unser Musik-Automat kleine Melodien. Die Vielfalt läßt sich steigern, indem nicht alle, sondern nur 2 oder 3 Verbindungsleitungen angeschlossen werden, die immer wieder untereinander vertauscht werden können. Die Gesamt-Tonlage kann am Potentiometer eingestellt werden. Eine Geschwindigkeitsänderung der Tonfolge ergibt sich durch Austauschen des 47µF-Elkos gegen einen 100 µF-Elko.

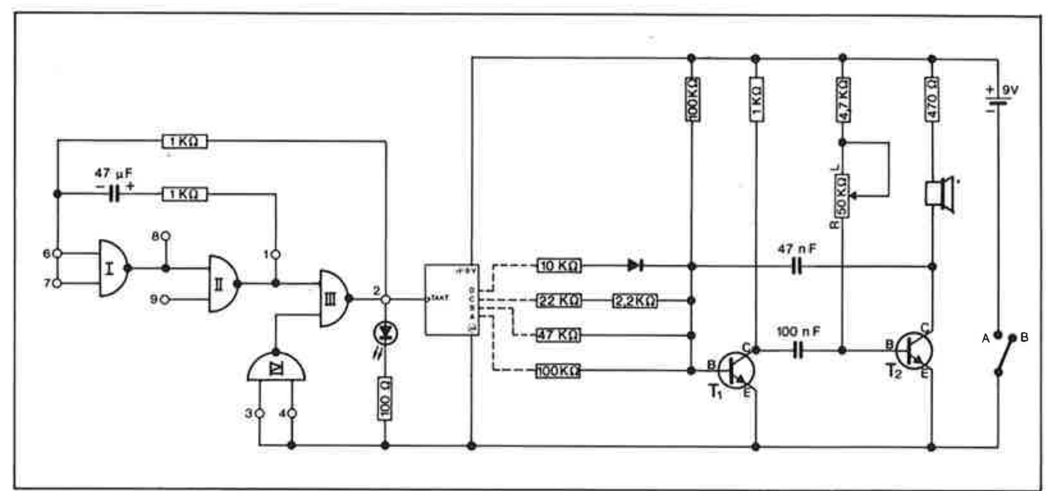


Abb. 43a

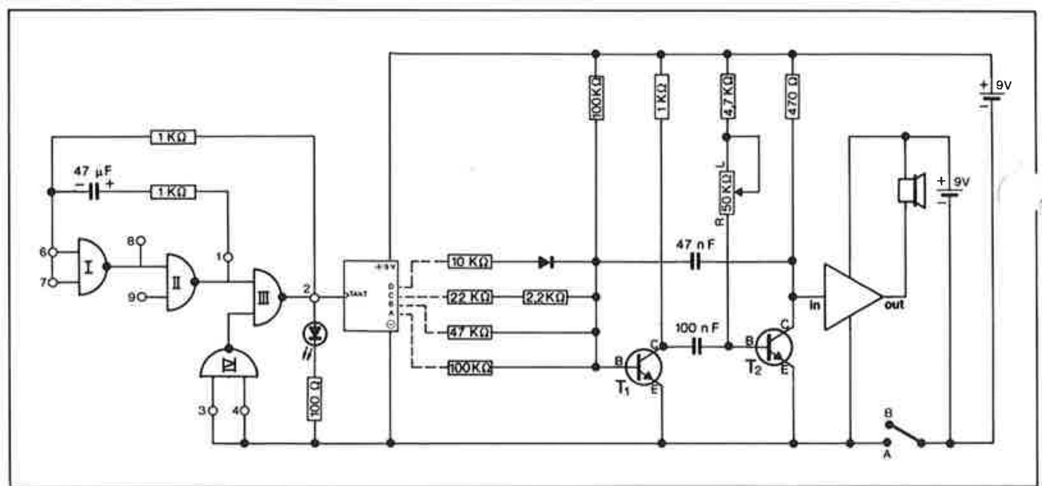


Abb. 43b

Abb. 43

Wie funktioniert diese Schaltung?
Der IC-Gatterbaustein und der IC-Zählerbaustein wurden zu dem uns im Schaltplan 43 a bekannten automatischen Zähler zusammengeschaltet. Die Ausgänge A bis D des Zählers steuern über den uns ebenfalls bekannten Digital-Analog-Konverter den Basis-Strom des Transistors T 1. Da T 1 und T 2 als astabile Kippstufe zusammengeschaltet sind, wird deren Kippfrequenz durch den IC-Zähler-Baustein gesteuert. Ergibt sich hierdurch an der Basis des Transistors T 1 ein kleiner Basis-Strom, schwingt die als Tongenerator wirksame Kippstufe langsamer, es ergibt sich eine niedere Frequenz, d.h. dunkle Töne. Bei größer werdendem Basis-Strom an T 1 schwingt der Tongenerator schneller - die Tonhöhe steigt.

Diese Schaltung demonstriert, wie z.B. digitale Größen in unterschiedliche Frequenzen und damit in analoge Größen umgewandelt werden können.

Unseren Musik-Spielautomaten können wir mit wesentlich besserem Klangvolumen betreiben, wenn wir den preiswerten Electronic-Studio-Zusatzkasten 2072 „IC-Verstärkertechnik" besitzen. In diesem Zusatzkasten ist ein hervorragender NF-Verstärker enthalten, welcher ohne weiteres in unsere Schaltung einbezogen werden kann. Wie der NF-Verstärker in dieser oder anderen Schaltungsvariationen verdrahtet wird, ergibt sich aus Schaltplan gem. Abb. 43 b.

Synthesizer-Schaltung

Prinzip-Schaltung

Synthesizer sind vollelektronische Musikinstrumente mit einer besonders großen Klangvielfalt. Der „Sound" wird aus verschiedenartigen Schwingungsformen erzeugt,die wir zum größten Teil im Anleitungsbuch 2070 als Dreieck-, Rechteck-, Sägezahn- und Sinus-Schwingungen kennengelernt haben. Da auch unterschiedliche Schwingungsfrequenzen erzeugt werden,bringt ein Synthesizer Klangbilder, wie sie mit sonst üblichen Musikinstrumenten nicht erzeugt werden können. Durch die Möglichkeit des Mischens der verschiedensten Schwingungen können die bekannten Musikinstrumente imitiert oder auch völlig unbekannte „Sphärenklänge" produziert werden.

Der Aufbauplan gem. Abb. 44 zeigt uns eine einfache Synthesizer-Prinzipschaltung, mit welcher verschiedene Tonfrequenzen erzeugt und gemischt werden können. Im Aufbauplan sehen wir 2 punktiert gezeichnete Verbindungsleitungen, die von den beiden 2,2 KΩ-Widerständen zu den Eingängen A, B oder C des Zählerbausteines führen. Wir schließen zunächst nur ein Kabel an einem der beiden Widerstände an und verbinden zum Ausgang C. Wird nun bei Schieberschalterstellung A der Taster geschlossen, erzeugt die Schaltung zunächst einen ziemlich tiefen Ton. Bringen wir unsere Verbindungsleitung an

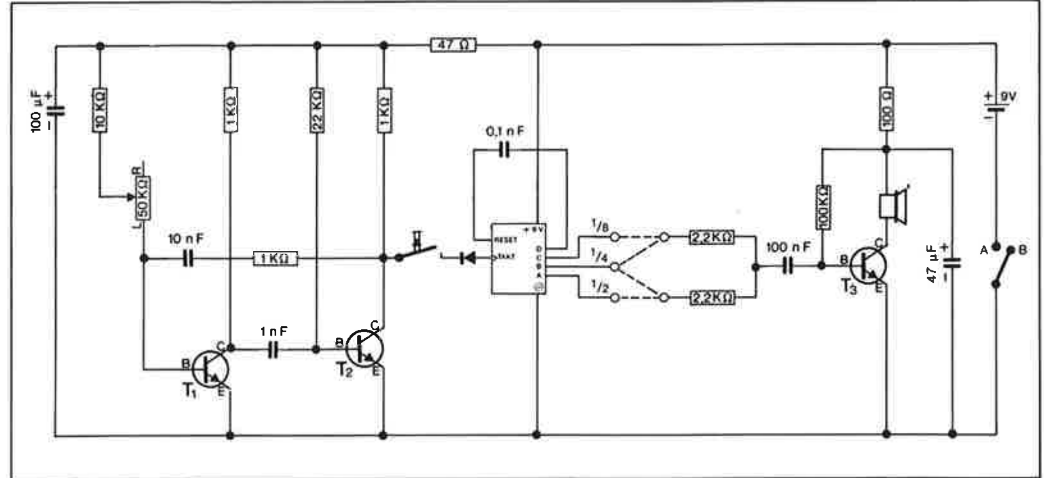


Abb. 44a

Abb. 44

den Ausgang B, ist die Tonhöhe doppelt so hoch. Führen wir die Verbindungsleitung zum Ausgang A, wird sie sich abermals verdoppeln. Außerdem läßt sich die Tonhöhe durch Verstellung des Potentiometers variieren. Nun führen wir auch vom zweiten 2,2 KΩ-Widerstand eine Verbindungsleitung an eine der freien Anschlußbuchsen A bis C. Durch Umstecken der beiden Anschlußkabel innerhalb der Ausgänge A, B und C mischen wir die unterschiedlichen Frequenzen zu verschiedenartigen Klang-Farben. Wenn wir gleichzeitig am Potentiometer die Tonhöhe variieren, können wir nach kurzer Übung kleine Melodien mit unserem Synthesizer spielen.

Wie funktioniert diese Schaltung?
Im Schaltplan 44 a sind die Transistoren T 1 und T 2 wieder als astabile Kippstufe geschaltet. Die erzeugten Schwingungen werden aber nicht dem Lautsprecher, sondern dem Takt-Eingang des Zähler-Bausteines zugeführt. Der IC-Zähler zählt diese Schwingungen bis zur Zahl 7. Alsdann wird der Zähler vom Ausgang D über den 0,1 nF-Kondensator zurückgesetzt. An der Leuchtanzeige können wir nur die Ziffer 8 erkennen, weil die gezählten Frequenzschwingungen so schnell sind, daß sie von unseren Augen nicht mehr wahrnehmbar sind.
Am Ausgang A haben wir eine Schwingung zur Verfügung, welche der halben Taktfrequenz entspricht. Am Ausgang B wird diese Frequenz nochmals halbiert und am Ausgang C tritt diese abermals halbierte (also geviertelte) Frequenz aus. Diese Schwingungen unterschiedlicher Frequenz werden über die beiden 2,2 KΩ-Widerstände gemischt über den Transistor T 3 (als Tonverstärker) dem Lautsprecher zugeführt.



Abb. 45

Frequenz-Meßgerät

Frequenz-Meßgeräte werden in der Technik für die verschiedensten Prüfungen benötigt. Mit solchen Geräten wird z.B. der Frequenz-Umfang bei Rundfunk-Empfängern,Tonbandgeräten usw.festgestellt. Man kann hiermit auch die Sende-Frequenz eines Rundfunksenders oder auch ganz einfach die Blink-Frequenz eines Blinklichtes bestimmen.

Die Abb. 45 zeigt uns den Aufbauplan für ein einfaches Frequenz-Meßgerät. Der IC-Gatterbaustein wurde als Schwingungserzeuger geschaltet (Blinklichtschaltung). Von ihm erhalten wir die Schwingungen, deren Frequenz wir messen wollen. Die Transistoren T 1 bis T 3 und der IC-Zählerbaustein ergeben ein digitales Meßgerät. Die gesamte Anlage wird mit Schiebeschalterstellung A in Betrieb genommen. Bevor wir die Frequenz messen, muß unser Meßgerät noch geeicht (kalibriert) werden. Wir müssen das Potentiometer so einstellen, daß nach kurzem Tastendruck die auf rechten Schaltungsseite vorhandene LED ca. eine Sek. aufleuchtet. Bei mehreren Einstellungs-Versuchen sollte zwischen jedem Tastendruck eine kurze Pause gemacht werden, damit sich alle Kondensatoren entladen können.

Sobald die entsprechende Potentiometer-Einstellung erreicht wird, können wir die erste Frequenzmessung durchführen.

Tastendruck die Frequenz gemessen, zeigt uns die Leuchtanzeige 4 Hz, also verdoppelte Frequenz gegenüber dem vorher verwendeten 100 µF-Kondensator. Wenn wir zwei 100 µF Elkos parallel schalten, ergibt sich eine Blinkfrequenz von 1 Hz.

Sollte ein zweiter IC-Zähler-Baustein vorhanden sein, können auch größere Frequenzen gemessen werden. Der 2. Zählerbaustein wird, wie auf Seite 30 beschrieben, an einer separaten Batterie (Netzgerät) angeschlossen. Der Takt-Eingang wird an den MAX.-Ausgang des 1. Zählerbausteines gelegt. Die Reset-Eingänge beider Zähler-Bausteine sind miteinander zu verbinden. Wenn wir jetzt anstelle des 100 µF-Elko's einen 4,7 µF-Elko einsetzen, blinkt die LED bereits so schnell, daß der einzelne Blinkvorgang kaum noch wahrzunehmen ist. Messen wir die Frequenz, dann beträgt diese etwa 40 Hz.

Wie funktioniert diese Schaltung?
Der Schaltplan Abb. 45 a besteht aus 3 miteinander verbundenen Schaltungsteilen:
Auf der linken Seite wurde unser IC-Gatter-Baustein zusammen mit der LED als Blinkgeber geschaltet. Der in diesem Schaltungsteil enthaltene 100 µF-Elko ist für die Blinkfrequenz verantwortlich. Wir haben diesen Aufbau bereits bei Abb. 24 kennengelernt. Die Schaltungsmitte ist eine monostabile

Gatters) verändert werden. Da wir die Frequenz der Blinkimpulse in Hertz (Hz) messen wollen, darf unser Zähler-Baustein nicht ständig zählen, sondern nur die Frequenzen, die innerhalb einer Sekunde erzeugt werden. Für diese Sekundeneinstellung sorgt die monostabile Kippstufe aus den Transistoren T 1 und T 2.

Die vom IC-Gatter-Baustein erzeugten Impulse gelangen über den 4,7 KΩ-Widerstand an die Basis von T 3. Dieser Transistor wird nicht als Verstärker, sondern als „Gatter" (Schalter) benutzt. Sein Ausgang (Collector) ist nämlich low, wenn sein Eingang (Basis) von der monostabilen Kippstufe (über den 10 KΩ-Widerstand) oder von der Blinkschaltung (über den 4,7 KΩ-Widerstand) ein High bekommt. So lange T 2 leitend ist, zählt der IC die über die Basis von T 3 an den Takt-Eingang geführten Schwingungsimpulse des Blinkgebers. Normalerweise erhält Transistor T 3 über den 10 KΩ-Widerstand von der monostabilen Kippstufe ständig eine positive Basis-Spannung, die ihn leitend macht und verhindert, daß die Schwingungen der Kippstufe an den Takteingang weitergeleitet werden. Wird jedoch die monostabile Kippstufe durch Betätigen des Tasters angestoßen, wird T 2 leitend - die LED leuchtet. Die Basis von T 3 erhält über den 4,7 KΩ-Widerstand die Blinkimpulse des Gatter-Bausteines. T 3 öffnet und schließt im Takt der Blinkfrequenz, wodurch sich am Takt-Eingang des Zählers die erwünschten High- /Low-Zustände ergeben: der Zähler zählt. Nach ca. 1 Sekunde kippt die Schaltung - T 2 sperrt - die rechte LED geht aus. T 3 öffnet, wodurch keine weiteren High-Signale an den Takt-Eingang des Zählers gelangen können. Der Zählvorgang ist beendet. Die Zeit bis zum Kippen der Schaltung ergibt sich durch die Aufladung des 10 µF-Elkos über das Potentiometer. (Monostabile Kippstufe s. auch Sachwortverzeichnis).

Am Reset-Eingang des Zähler-Bausteines erkennen wir noch zwei 100 nF-Kondensatoren, die bei Tastendruck einerseits die monostabile Kippstufe aktivieren und andererseits den IC-Zähler auf 0 zurücksetzen. Die hierzu parallel geschalteten 100 KΩ-Widerstände sorgen dafür, daß die 100 nF-Kondensatoren immer wieder entladen werden.

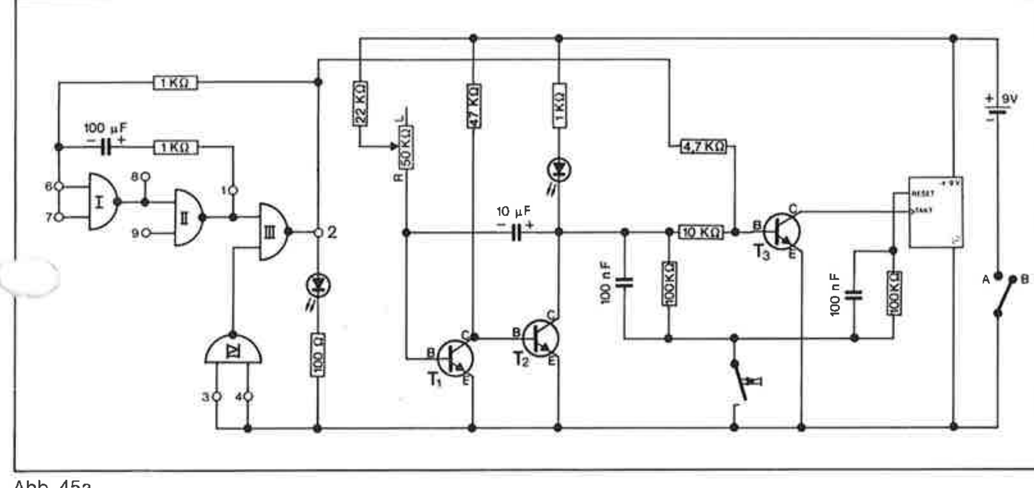


Abb. 45a

Wir wollen zunächst die Blinkfrequenz der auf der linken Schaltungsseite vorhandenen LED messen. Nach einem kurzen Tastendruck muß die Leuchtziffernanzeige die Zahl 2 anzeigen, (wenn das Potentiometer richtig eingestellt wurde). Die auf der linken Seite montierte LED blinkt also zweimal pro Sekunde. Sie hat eine Frequenz von 2 Hertz (Hz). (Die Anzahl von Schwingungen pro Sekunde wird in Hz gemessen). Die Leuchtziffernanzeige gibt uns die Anzahl der Schwingungen in Hz an.

Wir können die Blinkfrequenz der auf der linken Schaltungsseite montierten LED ändern, indem wir den 100 µF-Elko gegen einen 47 µF-Elko austauschen. Die LED blinkt jetzt wesentlich schneller. Wird durch

Stufe, wie wir sie als automatischen Zeitschalter im Anleitungsbuch 2070, Seite 24, ausführlich behandelt haben. Gegenüber dem damaligen Versuch verwenden wir zusätzlich ein Potentiometer, mit dessen Hilfe die Zeitspanne bis zum Kippen der Schaltung eingestellt werden kann.

Auf der rechten Schaltplan-Seite wird die monostabile Kippstufe und die Blinkschaltung über den Transistor T 3 mit dem Takt-Eingang des Zählers verbunden.

Wir erzeugen also mit dem linken Schaltungsteil die Blinkfrequenz, welche mit dem rechten Schaltungsteil gezählt werden soll. Die Blinkfrequenz kann durch Austauschen des 100 µF-Elkos (am Eingang des IC-

Digital-Voltmeter

Analog-Digital-Umsetzer



z.B. eine neue Batterie genau 9 Volt hat, können wir die Leuchtziffernanzeige durch Potentiometer-Einstellung auf diesen Wert eichen (kalibrieren). Jetzt können wir auch andere Spannungsquellen (bis max. 9 Volt) messen.

Unser Voltmeter arbeitet nicht genau linear. Dies können wir feststellen, wenn wir die mit ⊕ bezeichnete Meßleitung an die 5 Volt-Buchse des Gatter- oder Zählerbausteines legen (das ⊖-Kabel ist in diesem Falle nicht anzuschließen, da schaltungsintern diese Verbindung bereits besteht). Die Leuchtziffer zeigt uns nicht die erhoffte Zahl 5, sondern 6 oder 7. Wir sehen jedoch, daß die Spannung am 5 Volt-Anschluß niederer angezeigt wird. Wir können also ohne weiteres auch Batterien messen, um festzustellen, ob die ursprüngliche 9 Volt-Spannung noch vorhanden ist, oder ob sich bereits ein Spannungsabfall ergibt. Zum Eichen unseres Instrumentes ist übrigens der erwähnte 5 Volt-Anschluß sehr gut geeignet, weil diese 5 Volt präzise bestehen, selbst wenn die in unser Meßgerät eingebaute Batterie bereits mit einer geringeren Spannung als 9 Volt arbeitet.

Unser Digital-Volt-Meter ist gleichzeitig ein Analog-Digital-Umsetzer. Ein analoges Eingangs-Signal (Spannung) wird in ein digitales Ausgangs-Signal umgewandelt. Die analoge Spannung wurde „digitalisiert".

Mit dem Elektronik-Studio 2070 haben wir uns verschiedentlich mit der Strom- und Spannungsmessung beschäftigt. Ströme konnten wir mit unserem Meßinstrument verhältnismäßig einfach messen.

Eine andere Methode der Spannungs- bzw. Strom-Messung bringt uns der Versuch gem. Abb. 46. Wir sollten den Aufbau genauestens kontrollieren, bevor wir unser Gerät mit Schiebeschalterstellung A in Betrieb nehmen. An die mit ⊕ und ⊖ bezeichneten Kabel können wir jetzt eine Spannungsquelle (z. B. Batterie) anschließen. Die zu messende Spannungsquelle darf jedoch in keinem Fall mehr als 9 Volt haben. Der Meßvorgang wird durch Tastendruck ausgelöst. Wenn wir wissen, daß

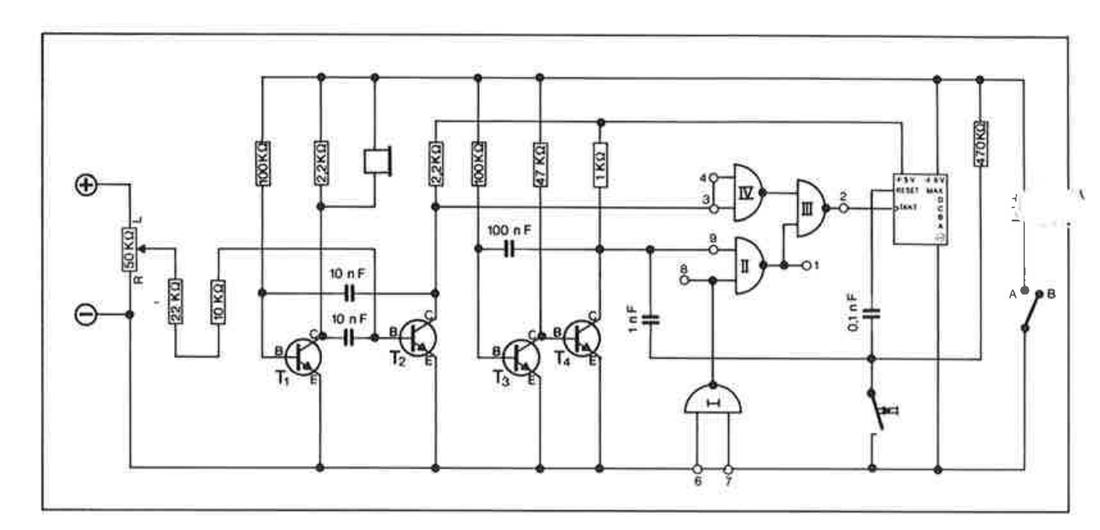


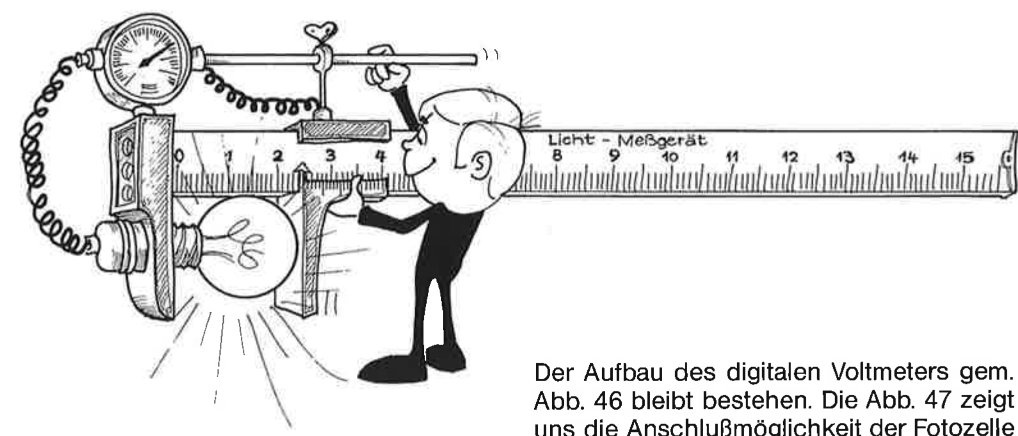
Abb. 46

Wie funktioniert diese Schaltung?
Im Prinzip hat unsere Schaltung nach Abb. 46 a eine ähnliche Funktion wie das zuvor beschriebene Frequenzmeßgerät. Beim Vergleichen erkennen wir die geänderte Schaltungsanordnung der Gatter. Wir benutzen den IC-Gatter-Baustein nicht als Blinkgeber, sondern haben wir für diesen Zweck die Transistoren T 1 und T 2 als Oszillator (Frequenzerzeuger) geschaltet. Dieser Oszillator erhält seine Eingangsspannung über die ⊕ und ⊖ Messleitungen. Bei geringer Eingangsspannung wird eine niedere Frequenz, bei hoher Eingangsspannung eine hohe Frequenz erzeugt. Die vom Oszillator erzeugten Schwingungen im Tonbereich können über den Ohrhörer abgehört werden.

Die sehr schnellen Frequenzimpulse werden über den IC-Gatter-Baustein zum Takt-Eingang des Zählerbausteines geführt. Die vier Gatter sind als NOR-Gatter geschaltet. Die Transistoren T 3 und T 4 ergeben wieder eine monostabile Kippstufe, (wie beim vorangegangenen Versuch) wobei dieser Zeitschalter durch den 100 nF-Kondensator sehr viel schneller kippt. Der Transistor T 4 ist also nur während eines Sekundenbruchteiles geöffnet. Nur in diesem kurzen Zeitraum, nämlich solange der Eingang 9 des Gatters II über den Transistor T 4 low ist, können die vom Oszillator erzeugten Impulse über den Eingang 3 des Gatters IV den Takt-Eingang des Zählers erreichen.

Die Funktion eines Oszillators wurde im Anleitungsbuch 2070 auf den Seiten 29 bis 33 beschrieben. Unser jetzt aufgebauter Versuch bleibt auch für das kommende Experiment unverändert bestehen.

Digitales Lichtmeßgerät



Der Aufbau des digitalen Voltmeters gem. Abb. 46 bleibt bestehen. Die Abb. 47 zeigt uns die Anschlußmöglichkeit der Fotozelle (LDR) mit eigener Spannungsversorgung an den digitalen Voltmeter. Es sind also lediglich die mit ⊕ und ⊖ bezeichneten Meßleitungen an die bezeichneten Anschlußstellen des Fotowiderstandes heranzuführen. Hiermit steht uns ein digitales Lichtmeßgerät zur Verfügung. Zum Eichen der Anzeige benutzen wir wieder das Potentiometer, indem wir für die größte zu messende Helligkeit (durch Tastendruck) die Zahl 9 einstellen.

Bei geringerer Helligkeit wird uns die Leuchtanzeige die entsprechenden Werte anzeigen.

Die 9 Volt-Spannung des zusätzlich angeschlossenen LDR wird durch die Fotozelle beeinflußt, d.h. wir verwandeln wieder ein analoges Signal (die Raumhelligkeit) in ein digitales Signal.

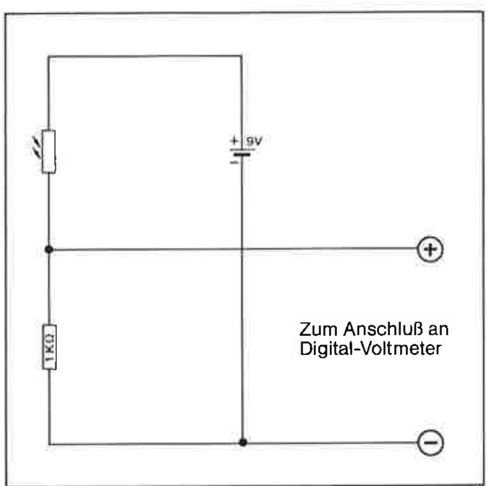


Abb. 47a

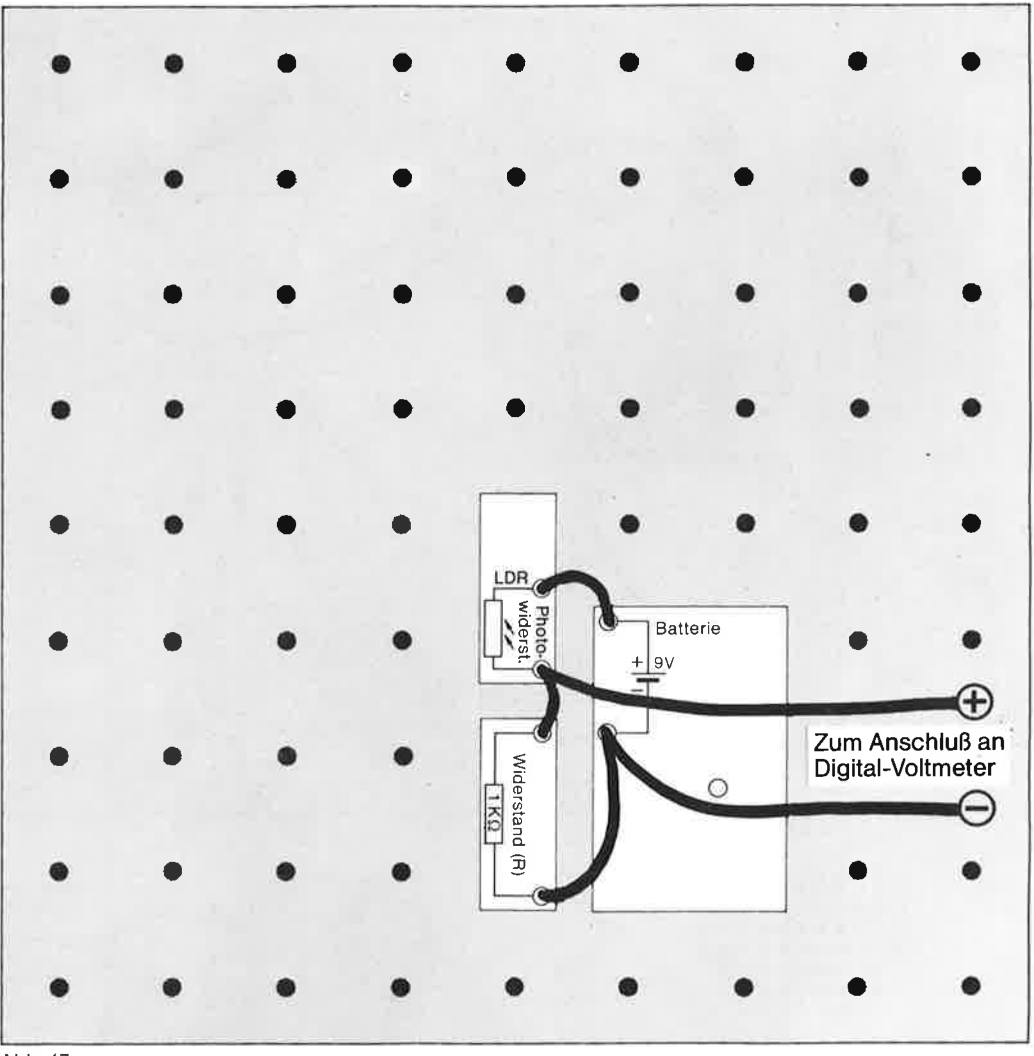


Abb. 47

Digital-Stoppuhr

Bei großen Sportveranstaltungen werden immer mehr digitale Stoppuhren eingesetzt, weil die zu stoppende Zeit genauer gemessen und vor allem präziser angezeigt wird. Der Schaltplan Abb. 48 demonstriert uns das Prinzip einer Digital-Stoppuhr.

Nach überprüftem Aufbau ist unser Gerät in Schiebeschalterstellung A betriebsbereit. Der linke Taster hat die „Start/Stopp"-Doppelfunktion. Mit dem rechten Taster kann das angezeigte Ergebnis auf 0 zurückgesetzt werden. Mit dem Potentiometer kann unsere Stoppuhr so kalibriert werden, daß die Zahlen genau im Sekundentakt erscheinen. Wechseln wir den 10 µF-Elko gegen einen 100 nF-Kondensator aus, können nach entsprechender Potentiometereinstellung auch zehntel Sekunden gestoppt werden. Sind 2 Zählerbausteine vorhanden, können wir neben zehntel Sekunden auch die vollen Sekunden anzeigen.

Wie funktioniert diese Schaltung?

Während bei einer hochwertigen Digital-Stoppuhr ein Schwingungsquarz als Taktgeber eingesetzt wird, verwenden wir gemäß Schaltplan 48 a für diese Funktion die aus den Transistoren T 3 und T 4 gebildete astabile Kippstufe (Blinklichtschaltung Anleitungsbuch 2070, Seite 26). Das von dieser Kippstufe ständig erzeugte Taktsignal soll jedoch nur während des Zeitraumes Tastendruck „Start" bis Tastendruck „Stopp" gezählt werden. Hierfür ist die aus den Transistoren T 1 und T 2 gebildete „Ein-Aus-Kippstufe" verantwortlich (s. Anleitungsbuch 2070, Seite 35).

Das vom Taktgeber T 3 und T 4 erzeugte Taktsignal wird an den Eingang 9 des Nand-Gatters II geführt. Dieses wird über das Nand-Gatter I gesteuert. Vor dem Tastendruck „Start" sind die Eingänge 6 und 7 des Gatters I high. Hierdurch ergibt sich am Eingang 8 ein low. Der Takt-Eingang erhält keine Impulse - die Stoppuhr steht. Mit dem ersten Tastendruck „Start" sperrt Transistor T 2, die Eingänge 6 und 7 werden high, die Taktsignale erreichen über das Gatter II den Takteingang und werden gezählt. Beim zweiten Tastendruck „Stopp" wird T 2 wieder leitend und die low werdenden Eingänge 6 und 7 unterbrechen die Taktweitergabe - die Stoppuhr zählt nicht nicht mehr weiter.

Schrecksekundenmesser mit IC-Controller

Die Abb. 49 zeigt uns den Aufbau eines Schrecksekundenmessers. Die Reaktionszeit wird in zehntel Sekunden gezeigt. Ein besonderer Gag ist die eingebaute Kontrollschaltung, welche anzeigt, ob die zu messende Testperson versucht hat zu mogeln. In Schiebeschalterstellung A ist unser Gerät betriebsbereit. Zuerst sollten wir die Zeitanzeige auf zehntel Sekunden justie-

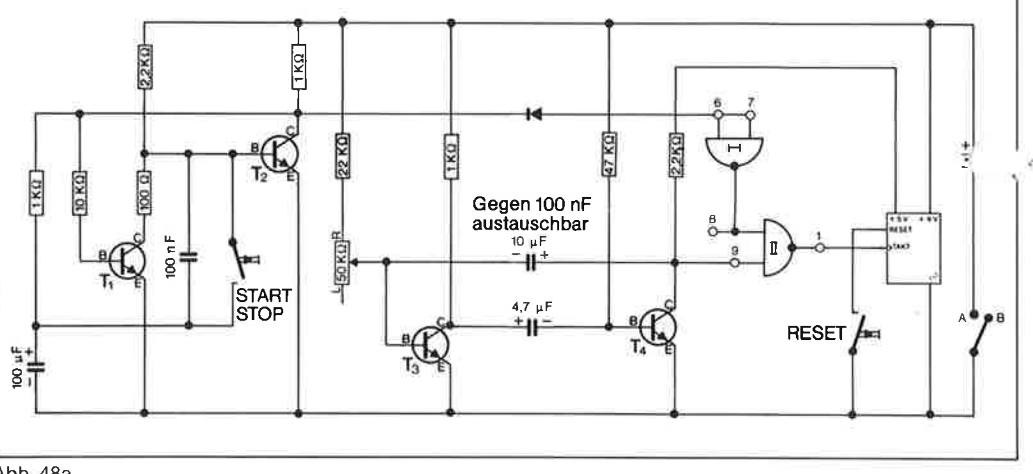


Abb. 48a

Abb. 48

ren. Hierfür wird der mit A bezeichnete Taster so lange geschlossen, bis die Glühlampe ausgeht und die Leuchtziffernanzeige arbeitet. Am Potentiometer wird die Zählgeschwindigkeit so eingestellt, daß im Ohrhörer der genaue Sekunden-Takt hörbar ist.

Nun können wir unsere Reaktionszeit messen: Taster A so lange geschlossen halten, bis die aufleuchtende Lampe ausgeht. Nun möglichst schnell Taster B schließen und im geschlossenen Zustand halten. Die Leuchtanzeige zeigt uns die Reaktionszeit in zehntel Sekunden an (solange der Taster B geschlossen bleibt). Wurde der Taster A geöffnet, bevor die Lampe ausgegangen ist, wird der Zählvorgang auch bei geschlossener Taste B nicht durchgeführt. Die Ziffernanzeige bleibt in diesem Fall bei 0 und die aufleuchtende LED zeigt an, daß der Reaktionstest nicht korrekt ausgeführt wurde. Wenn bei einem neuen Meßvorgang der Taster A geschlossen wird, wird die Ziffernanzeige automatisch auf 0 zurückgesetzt.

Wie funktioniert diese Schaltung?

Betrachten wir zunächst das prinzipielle Zusammenspiel der einzelnen Funktionseinheiten. Gemäß Schaltplan Abb. 49a (links) bilden die Transistoren T 1 und T 2 eine monostabile Kippstufe.

Die beiden Gatter I und II ergeben ein Flip-Flop, welches den Zustand der monostabilen Kippstufe zu dem Zeitpunkt festhält (speichert), bei welchem die Taste A geöffnet wird. Die Transistoren T 3 und T 4 bilden eine astabile Kippstufe und erzeugen die Taktfrequenz für das Fortschalten des Zählers. Die Taste B schließt am Ende der Reaktionszeit weitere Taktimpulse kurz. Der Zählervorgang wird angehalten und der bisher erreichte Zählerstand bleibt erhalten.

Für den Interessierten noch eine detailliertere Beschreibung dieser Schaltung:

Im Ruhezustand ist T 1 leitend, während T 2 sperrt. Durch Druck auf die Taste A wird der Emitter von T 1 und T 2 etwas positiver als zuvor. Hierdurch sperrt T 1 und T 2 wird leitend: es fließt ein Lampenstrom. Dieser Strom fließt vom Batterie-Minuspol über den Schiebeschalter, den 47 Ω-Widerstand (an welchem ca. 3 V stehen bleiben) durch die Emitter-Collector-Strecke von T 2 über das Lämpchen zum Batterie-Pluspol. Der Spannungsabfall von ca. 3 V am 47 Ω-Widerstand bewirkt, daß T 1 noch mehr gesperrt wird und daß die Eingänge 6 und 7 des Gatters I high sind. Somit sind die Anschlüsse 8 und 9 low, der Zählerbaustein wird ständig zurückgesetzt. Die von T 3 und T 4 erzeugten Taktimpulse können somit zunächst nicht gezählt werden. Da die Eingänge 8 und 9 des Gatters II low sind, ist der Ausgang 1 high: die LED leuchtet.

Inzwischen lädt sich der 100 µF-Elko an der Basis von T 1 langsam auf. Sobald die Basis-Spannung von T 1 positiver als die Emitter-Spannung wird, schaltet T 1 durch und sperrt T 2. Der Lampenstrom wird unterbrochen, wodurch am 47 Ω-Widerstand kein Spannungsabfall mehr entsteht. Es liegt ein Low-Signal an beiden Emittern.

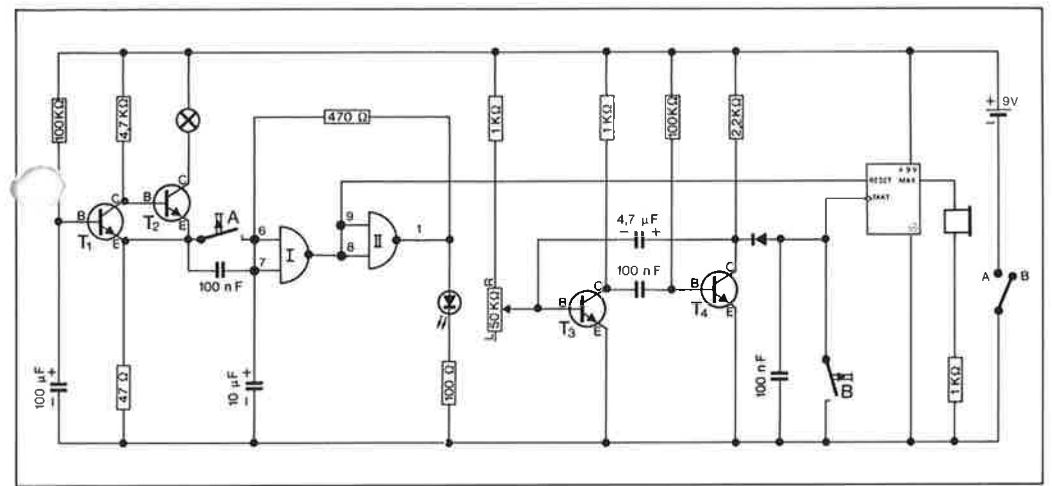


Abb. 49a

Abb. 49

Ist zu diesem Zeitpunkt die Taste A noch geschlossen (korrektes Spiel), gelangt dieses Low-Signal an den Eingang von Gatter I. Hierdurch ergibt sich am Ausgang ein high (der Zähler-Reset-Eingang wird freigegeben, d. h., der Zähler zählt) und der Ausgang 1 des Gatters II wird low: die LED erlischt.

Wird während des Erlöschens des Lämpchens die Taste A nicht mehr gedrückt (unkorrektes Spiel), bleibt der High-Zustand am Ausgang 1 des Gatters II gespeichert, da der Ausgang 1 über den 470 Ω-Widerstand mit den Eingängen 6 und 7 verbunden ist. Die LED leuchtet auch weiterhin und der Zähler bleibt zurückgesetzt.

Elektronische Schießzentrale mit Trefferanzeige

Bei der gem. Abb. 50 aufzubauenden elektronischen Schießzentrale wird nicht mit Gewehr oder Pistole, sondern mit einem Lichtblitz geschossen. Für diesen Zweck verwenden wir eine Taschenlampe mit möglichst gebündeltem Lichtstrahl. Noch besser ist ein Photoblitzlichtgerät, wobei wir jedoch die Lichtaustrittsöffnung durch eine Pappe abdecken, in welcher nur eine sehr kleine Öffnung für einen gebündelten Lichtstrahl offen bleibt. Gezielt wird auf den in der Schaltung enthaltenen Photo-Widerstand (LDR).

Unser Gerät sollte in einem abgedunkelten Raum stehen. Bei Schiebeschalterstellung A und am rechten Anschlag stehenden Potentiometer wird die LED 1 in langsamer Taktfolge blinken, während die LED 2 ständig leuchtet. Wir müssen das Potentiometer langsam so weit zurückdrehen, bis die LED 2 gerade nicht mehr leuchtet. Damit ist unser Gerät bereit, Lichtblitztreffer zu registrieren. Es werden jedoch nur solche Treffer gezählt, die während dem kurzen Aufleuchten der LED 1 „abgefeuert" werden. Treffer, die sich während der Dunkelphase der LED 1 ergeben, werden nicht registriert. Mit dem Taster kann die Leuchtanzeige auf 0 zurückgesetzt werden.

Wie funktioniert diese Schaltung?
In der Mitte des Schaltplanes Abb. 50a sehen wir die lichtblitz-empfindliche Stufe, bestehend aus dem LDR, Transistor T 3 und Gatter I. Wir haben das Potentiometer so eingestellt, daß die LED 2 gerade nicht mehr leuchtet, d. h., daß Ausgang 8 low ist. Demzufolge muß T 3 gesperrt sein. Ein Lichtblitz am LDR erhöht kurzzeitig dessen Leitfähigkeit. Hierdurch wird T 3 leitend, die Eingänge 6 und 7 des Gatters I werden low und Anschluß 8 wird high. Anschluß 8 ist zugleich Eingang für das Gatter II. Der zweite Eingang 9 kommt von T 1, welcher zusammen mit T 2 eine astabile Kippstufe bildet. Immer wenn die LED 1 leuchtet, ist der Collector von T 2 low, d. h., der Collector von T 1 ist high und Eingang 9 des Gatters II ist ebenfalls high. Der Zähler-Takt-Eingang wird also nur kurzzeitig low, nämlich so lange der Lichtblitz erkannt wird

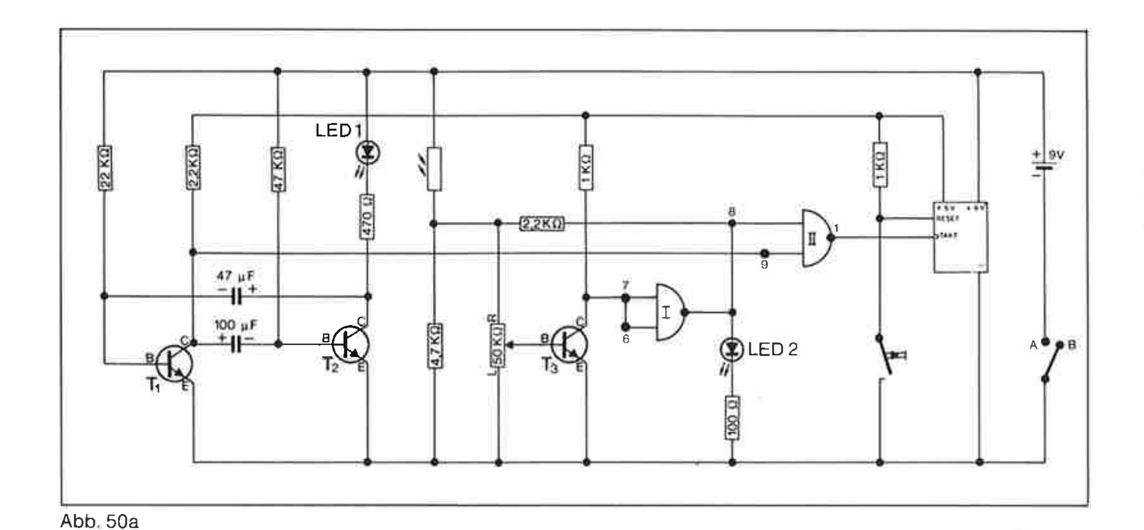


Abb. 50a

Abb. 50

und LED 1 leuchtet, weil dann die beiden Eingänge 8 und 9 des Gatters II high sind. Nur in diesem High-Zustand kann der IC weiterzählen.

Zähler mit Selbst-Stopp

In der Digital-Technik werden häufig Zähler benötigt, welche eine bestimmte Anzahl Zählschritte ausführen, um alsdann automatisch zu stoppen. So führt z. B. eine elektrische Haushaltswaschmaschine eine bestimmte Anzahl von Programmschritten durch und stoppt dann ab, damit vor dem Schleudern bestimmte Wäschestücke entnommen werden können.

Eine digitale Zählerschaltung, die selbständig nach einer bestimmten Anzahl ausgeführter Zählschritte automatisch abstoppt, zeigt der Aufbauplan Abb. 51. Zum Zählerbaustein führen 3 numerierte Kabel. Die Tabelle 52 zeigt, welche Kabel-Nummer an welchem der Ausgänge A bis D des IC-Zählerbausteines anzuschließen sind, damit sich der gewünschte automatische Stopp ergibt.

Zähler zählt bis:	Anschluß an IC-Zähler-Ausgang: A	B	C	D
	mit Kabel-Nr.			
0	–	–	–	–
1	1	–	–	–
2	–	2	–	–
3	1	2	–	–
4	–	–	3	–
5	1	–	3	–
6	–	2	3	–
7	1	2	3	–
8	–	–	–	3
9	1	–	–	3

Abb. 52

Wie funktioniert diese Schaltung?
Zur Erzeugung der Zähltakte dient die aus den Transistoren T 2 und T 3 gebildete astabile Kippstufe. Dieser Taktgeber kann über den zusätzlich angebrachten Transistor T 1 angesteuert werden. Der Taktgeber arbeitet somit nur dann, wenn Transistor T 2 den erforderlichen Basis-Strom über den leitenden Transistor T 1 erhält.

Die vom Taktgeber erzeugten Signale gelangen über T 3 zum Takteingang des Zähler-Bausteines. Der IC-Gatter-Baustein ist als Nand-Gatter mit 3 Eingängen geschaltet. Je nachdem welche Anschlußkabel an den Ausgängen A bis D des Zählers angeschlossen sind, ergeben sich die nach Tabelle 52 ermittelten Zähltakte, wobei ein low am Ausgang des Gatters I (Punkt 8) dem Transistor T 1 die Basisspannung entzieht, wodurch der Taktgeber ausgeschaltet wird.

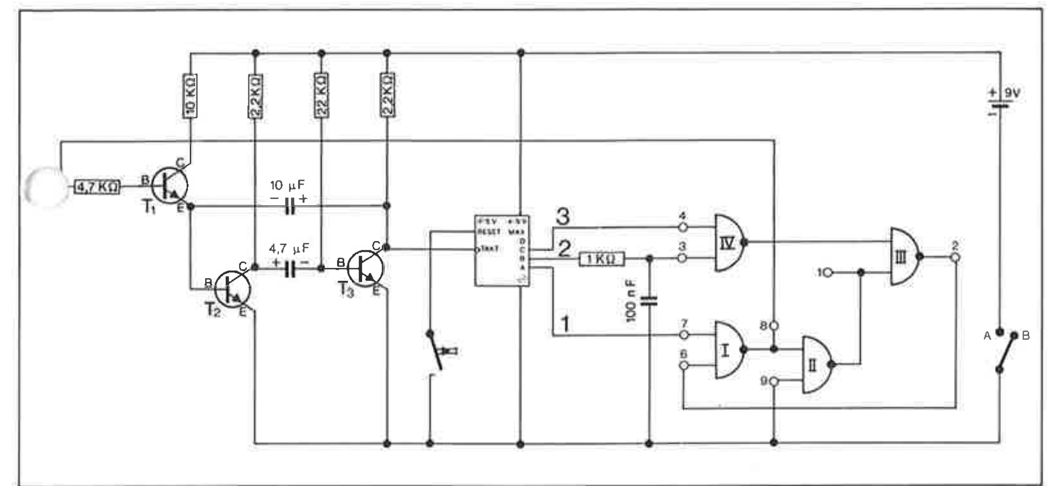


Abb. 51a

Abb. 51

Aufbau von Nand-Gatter mit Transistoren

Nachdem wir bei vielen Experimenten die Funktion der Gatter in unserem IC-Baustein kennengelernt haben, interessiert uns der „innere Aufbau“ eines solchen Gatters. Mit 2 Transistoren und einigen Widerständen können wir die Funktion eines Gatters imitieren (Aufbauplan Abb. 53). Mit den Tasten A und B werden die jeweils dazugehörigen Eingänge E 1 und E 2 unseres imitierten Gatters auf high gesetzt. Durch Betätigen des einen oder des anderen Tasters oder beider Tasten gleichzeitig läßt sich die in Abb. Nr. 16a enthaltene Wahrheitstabelle für Nand-Gatter aufstellen. An dem mit A bezeichneten Ausgang ist eine LED vorhanden. So lange der Ausgang high ist, muß die LED leuchten. Nur wenn beide Eingänge high sind, ist der Ausgang low – die LED leuchtet nicht.
Die punktierte Umrandung innerhalb des Schaltplanes 53a zeigt die effektive Schaltung des Nand-Gatters. Der Ausgang wird nur dann low, wenn beide Transistoren high, d. h., leitend sind. Sperrt ein Transistor (wenn seine Basis an der Masse, d. h. am Minus-Pol der Batterie liegt), dann ergibt sich am Ausgang A über den 470 Ω-Widerstand eine positive Spannung. Der Ausgang ist high. Wir wissen, daß auch bei unserem IC-Gatter alle nicht benutzten Ausgänge automatisch auf high geschaltet werden. In unserer Imitationsschaltung wird der gleiche Effekt durch die beiden 100 KΩ-Widerstände erreicht.



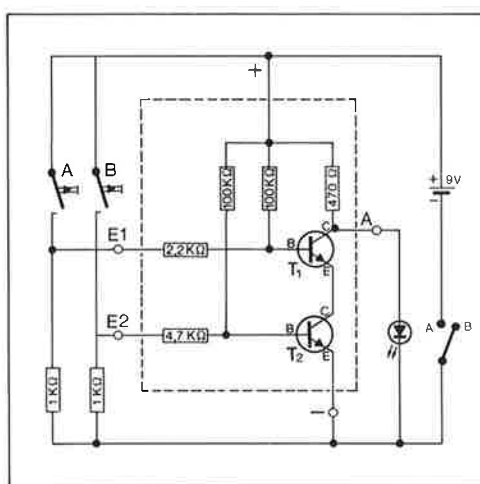


Abb. 53a

Hinweise für weitere Experimente

Unsere IC-Bausteine sind sehr empfindliche und teure Bauelemente. Man sollte bei selbst ausgedachten Schaltungs-Versuchen folgende Regeln unbedingt beachten:

1. Die Batterie-Anschlüsse ⊕ und ⊖ dürfen nie vertauscht werden.
2. An die mit 5 Volt bezeichneten Anschlußbuchsen niemals die 9 Volt-Batterie anschließen.
3. IC-Gatter-Baustein grundsätzlich nur mit 5 Volt aus der Anschluß-Buchse des IC-Zähler-Bausteines betreiben.
4. An die Eingänge der IC-Bausteine niemals die volle Batterie-Spannung 9 Volt legen. Auch wenn der Eingang über einen Transistor gesteuert wird, muß immer ein Widerstand von wenigstens 1 KΩ vor den Eingang geschaltet werden.
5. Niemals 2 Ausgänge der IC's direkt miteinander verbinden. Der entstehende Kurzschluß würde den IC zerstören.
6. Falls eine Schaltung nicht einwandfrei funktioniert (obwohl alle Kabelverbindungen richtig angeschlossen sind) reicht evtl. die Energiequelle nicht für den Betrieb der Gesamt-Schaltung aus. In solchen Fällen den IC-Zählerbaustein mit einer zweiten Batterie betreiben (s. Abb. 36b).

Abb. 53

Weitere Gatterschaltungen

Wir haben das Gatter als Grundbaustein der Digital-Technik kennengelernt. In unserem IC-Gatterbaustein sind 4 Nand-Gatter enthalten. Um die Funktion unseres Zähler-IC's mit einzelnen Gattern aufzubauen, wären über 100 Nand-Gatter erforderlich. In unserem Zähler-IC sind theoretisch ca. 25 Gatter-IC's integriert.

Außer Nand-Gatter gibt es noch andere Gatter. Diese unterscheiden sich durch eine andere „Verknüpfung" der Eingangs-Signale zum Ausgangs-Signal, wie z. B.:



Das Nand-Gatter

Eingang 1	Eingang 2	Ausgang
O	O	I
O	I	I
I	O	I
I	I	O

Schaltsymbol

Eingang 1 — Eingang 2 — Ausgang

Abb. 54a

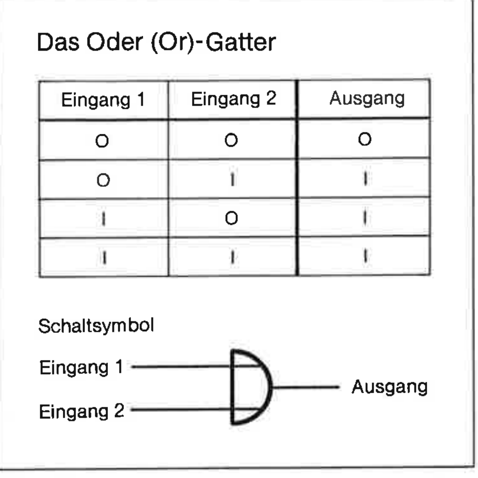
Das Und (And)-Gatter

Eingang 1	Eingang 2	Ausgang
O	O	O
O	I	O
I	O	O
I	I	I

Schaltsymbol

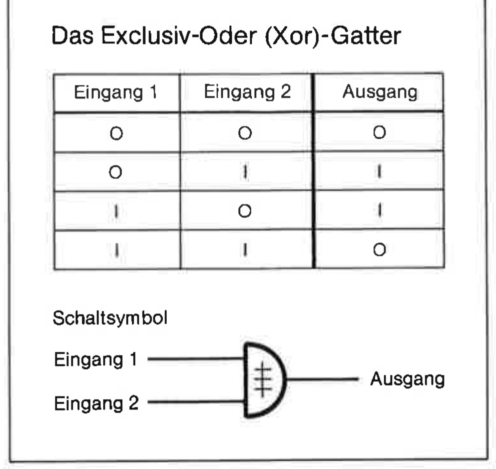
Eingang 1 — Eingang 2 — Ausgang

Abb. 54b


Das Oder (Or)-Gatter

Eingang 1	Eingang 2	Ausgang
O	O	O
O	I	I
I	O	I
I	I	I

Abb. 54b


Das Exclusiv-Oder (Xor)-Gatter

Eingang 1	Eingang 2	Ausgang
O	O	O
O	I	I
I	O	I
I	I	O

Abb. 54c

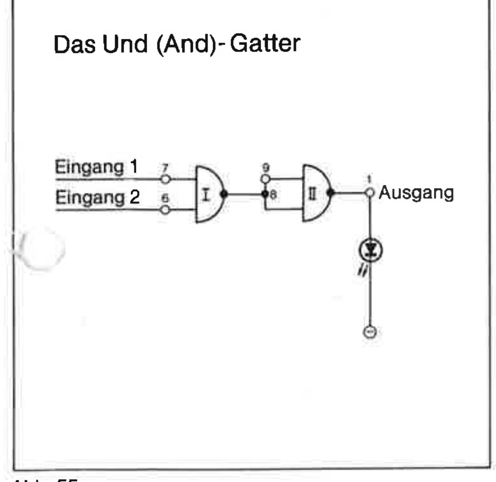


Abb. 55a

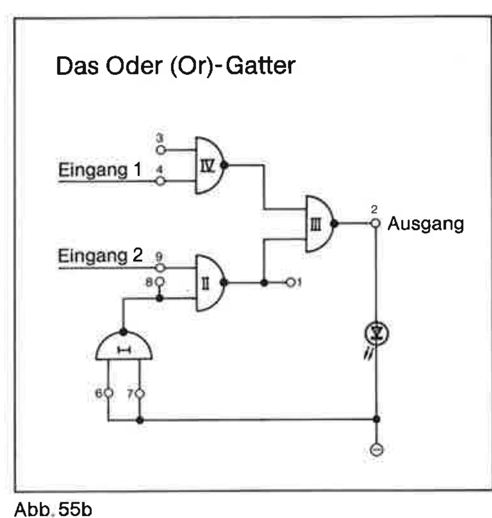


Abb. 55b

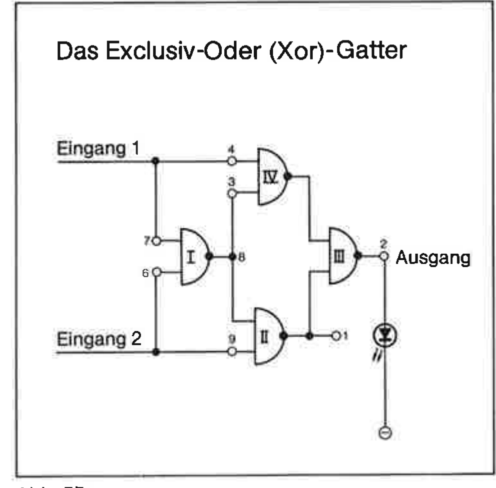


Abb. 55c

Das Und-Gatter (And-Gatter)
Bei diesem Gatter wird das Ausgangs-Signal nur dann high, wenn der eine Eingang **und** der andere Eingang high ist. Beim Vergleichen der Wahrheitstabelle des Und-Gatters mit dem des Nand-Gatters fällt uns auf, daß die Ausgangs-Signale beider Gatter bei gleichen Eingangs-Signalen immer gegenteilig sind. Hieraus erklärt sich auch die Gatter-Bezeichnung: Nand-Gatter: NAND ist eine Wortzusammensetzung aus dem Englischen „Not-AND", zu Deutsch „Nicht-Und". Hieraus resultiert, daß sich das Ausgangs-Signal des Nand-Gatters immer gegenteilig zum Ausgangs-Signal des And-Gatters verhält.

Das Oder-Gatter (Or-Gatter)
Bei diesem Gatter wird das Ausgangs-Signal immer dann high, wenn das eine **oder** das andere **oder** beide Eingangs-Signale high sind.

Das Exklusiv-Oder (Xor-Gatter)
Bei diesem Gatter können 2 Eingangs-Signale miteinander verglichen werden. Sind die Eingangs-Signale verschieden, wird das Ausgangs-Signal high. Sind die Eingangs-Signale gleich, wird das Ausgangs-Signal low.
Die Abbildungen 54a bis d zeigen uns die Wahrheitstabellen und die Schaltzeichen der verschiedenen Gatter. Alle diese Gatter lassen sich auch aus mehreren Nand-Gattern zusammensetzen. Wie dies mit Hilfe unseres IC-Gatter-Bausteins möglich ist, zeigen uns die Abbildungen 55a bis c.

Wie funktioniert unser Zähler-IC?

Es ist uns bekannt, daß es tausende verschiedene IC-Typen gibt, deren Funktionen für spezielle Aufgaben ausgelegt sind. Berufs-Elektroniker interessieren sich in den seltensten Fällen für den detaillierten Aufbau eines IC. Viel wichtiger ist die Kenntnis seiner Funktion und der hieraus resultierenden Möglichkeiten.

Nachdem wir uns durch viele Versuche sehr eingehend mit unserem Zähler-IC befaßt haben, ist es jedoch nicht uninteressant, sein „Innenleben" und seine Arbeitsweise etwas näher kennenzulernen.

dieses Kapitel noch einmal nachlesen). Damals ergaben sich durch den Aufbau mit Transistoren für die einzelnen Zählvorgänge Wartezeiten von ca. 1 Sekunde. Auch konnten wir nur 2 Dual-Stellen anzeigen.

Im Gegensatz zur damaligen Schaltung kann unser IC-Zähler 4 Dualstellen anzeigen (4-bit-Zähler). Auch sind unsere Flipflops aus Gatter ohne Kondensatoren aufgebaut.

Hierdurch ist es möglich, fast 20Millionen Zählvorgänge pro Sekunde durchzuführen. Eine spezielle Steuerelektronik (sie besteht ebenfalls aus einigen Gattern) sorgt dafür, daß der Zähler nur bis zur Zahl 9 zählt, um

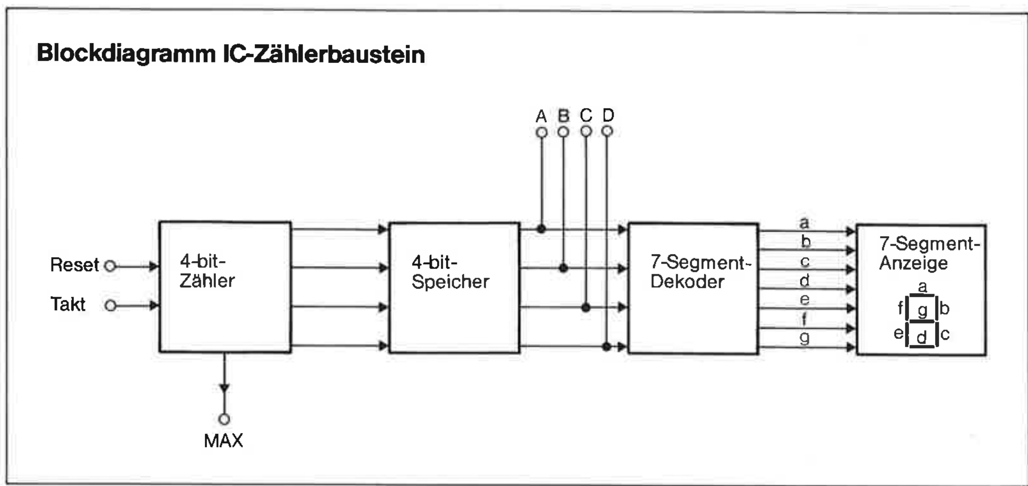


Abb. 56

Wahrheitstabelle für 7-Segmentanzeige

Dezimalzahl	Dualzahl	7-Segment-Anzeige a b c d e f g
0	0 0 0 0	1 1 1 1 1 1 0
1	0 0 0 1	0 1 1 0 0 0 0
2	0 0 1 0	1 1 0 1 1 0 1
3	0 0 1 1	1 1 1 1 0 0 1
4	0 1 0 0	0 1 1 0 0 1 1
5	0 1 0 1	1 0 1 1 0 1 1
6	0 1 1 0	1 0 1 1 1 1 1
7	0 1 1 1	1 1 1 0 0 0 0
8	1 0 0 0	1 1 1 1 1 1 1
9	1 0 0 1	1 1 1 1 0 1 1

Abb. 57

Wir haben bereits erfahren, daß in unserem Zähler-IC annähernd 1000 elektronische Bauelemente miteinander verschaltet sind. Es ist einleuchtend, daß die Funktionen und das Zusammenwirken von z. B. über 350 Transistoren vereinfacht dargestellt werden muß. Eine erste Vereinfachung ergibt sich, indem wir die Transistoren zu einzelnen Gatter zusammenfassen. Den prinzipiellen Aufbau eines aus Transistoren geschalteten Nand-Gatters haben wir kennengelernt. Für einen störungsfreien Betrieb der Gatter unseres IC's werden jedoch nicht 2, sondern jeweils 4 Transistoren belegt. Unser IC beinhaltet 86 derartiger Gatter. Ein Schaltplan mit 86 Gatter ist nicht gerade übersichtlich, weil manche Gatter nicht nur 2, sondern teilweise auch 3, 4 und noch mehr Eingänge haben. Für uns ist es daher übersichtlicher, die Funktionen des Zähler-IC's in einzelne Funktionsblöcke aufzuteilen. Die Abb. 56 zeigt uns ein derartiges Blockdiagramm.

Den ersten Block, wir haben ihn mit „4-bit-Zähler" bezeichnet, stellt das eigentliche Rechenwerk des IC's dar. Dieser erste Block besteht aus 4 Flipflops. Sie sind zu einem Dual-Zähler zusammengeschaltet. Im Gegensatz zum RS-Flipflop (welches wir im ersten Teil dieses Anleitungsbuches kennengelernt haben) arbeiten die hier verwendeten Flipflops in ähnlicher Weise, wie im Anleitungsbuch 2070 auf den Seiten 80 bis 81 ausführlich beschrieben (Dynamisches Flipflop als Frequenzteiler). Auf Seite 82 des Anleitungsbuches 2070 hatten wir dieses Flipflop bereits zu einem ersten digitalen Zähler zusammengeschaltet (wir sollten

sich dann auf 0 zurückzusetzen. Man nennt ihn deshalb „Dezimalzähler".

Hinzu kommt außerdem, daß unserem IC-Zähler das Signal „Reset" zugeführt und das Signal „Max" entnommen wird.

Das Ergebnis des 4-bit-Zählers wird einem 4-bit-Speicher zugeführt. Dieser besteht aus RS-Flipflops, welche von anderen Gattern gesteuert werden. Die Ausgänge des Speichers werden aus unserem IC herausgeführt. Wir haben diese als Ausgänge A, B, C und D kennengelernt. Zusätzlich sind diese Ausgänge mit einem sogenannten „7-Segment-Dekoder" gekoppelt. Dieser „7-Segment-Dekoder" hat die Aufgabe, den dualen bzw. binären-Zahlen-Code in 7 Signale umzuwandeln. Diese 7 Ausgangs-Signale werden der 7-Segment-Anzeige zugeführt (in Abb. 56 mit a-b-c-d-e-f-g bezeichnet). Die Wahrheitstabelle Abb. 57 zeigt, bei welchen Dual- bzw. Dezimal-Zahlen die einzelnen Segmente leuchten (Ziffer 1) bzw. nicht leuchten (o). Zur Dekodierung der Dual-Zahlen sind über 20 Gatter erforderlich.

Unser Blockdiagramm zeigt 4 Einzelfunktionen, wovon 3 unseren kombinierten Zähler-Speicher Dekoder-IC betreffen. Der vierte Funktionsblock ist die 7-Segment-Anzeige. Es gibt auch einfachere IC's, die nur als Zähler oder nur als Speicher oder nur als Dekoder arbeiten.

Mit den Experimenten des Digital-Studios 2075 haben wir alle wichtigen digitalen Grundschaltungen kennengelernt. Wir sind mit den Grundsätzen der Digital-Technik nun so weit vertraut, daß wir bei speziellem Interesse auf die einschlägige Fachliteratur zurückgreifen und auf Grund der erworbenen Kenntnisse diese auch verstehen werden.

Mit dem Electronic-Studio „IC-Verstärker-Technik 2072" gibt es einen weiteren preiswerten Ergänzungskasten, welcher leicht verständlich den Einstieg in die IC-gesteuerte NF-Verstärkertechnik bietet. Verlangen Sie bitte bei Ihrem Fachgeschäft (oder direkt bei uns) den ausführlichen Prospekt über das gesamte BUSCH-Electronic-Studio-Programm.

Verzeichnis der Bauelemente Digital-Technik 2075:

	Einzel-Bestell-Nr.
1 Anleitungsbuch	20752
1 IC-Zähler-Baustein kompl. mit Leuchtziffernanzeige	20801
1 IC-Gatter-Baustein kompl.	20802
1 Elektronik-Baustein Elko 100 uF	20645
1 Elektronik-Baustein Scheibenkondensator 100 nF	20667
1 Elektronik-Baustein Leuchtdiode (LED)	20773
2 Elektronik-Bausteine Widerstand 1 K	20685
1 Elektronik-Baustein Taster	20775
1 Elektronik-Baustein Batteriehalter	20780
1 Steckplatte 180x180 mm	20782
30 Kabelabschnitte, (14 Stück rot, 4 cm lang, 6 Stück grün 6 cm, 6 Stück gelb 10 cm, 2 Stück braun 18 cm, 2 Stück grau 35 cm)	20785
48 gelbe Plastikstecker	20795

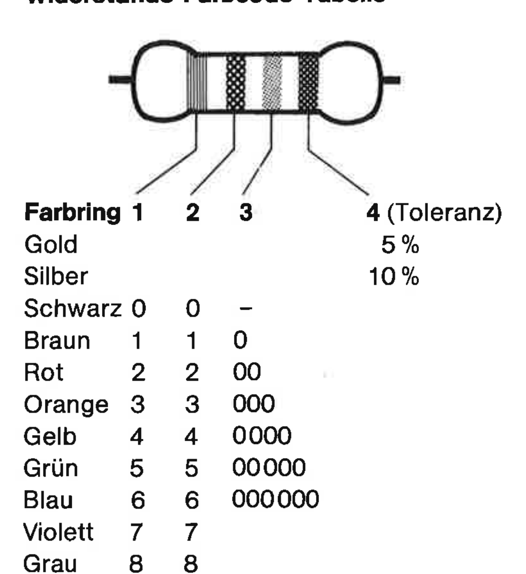
Die Bauelemente sind als Einzel-Ersatzteile lieferbar. Fordern Sie direkt bei uns mit frankiertem Rückumschlag die jeweils gültige Ersatzteilpreis-/Bestell-Liste an.

Sachwortverzeichnis

A-D-Konverter wandeln analoge Werte in digitale Signale um.
Ampère Einheit für die elektrische Stromstärke. Abkürzungen: A, Amp.
Anschlußpole, siehe Batterie.
Astabile Kippstufe besteht aus 2 Transistoren, die über 2 Kondensatoren miteinander verbunden sind. Dies bewirkt, daß sich die Transistoren gegenseitig beeinflussen (öffnen und schließen). Die Schaltung schwingt (kippt hin und her), wodurch an den Collectoren der Transistoren abwechselnd Low- und High-Signale entstehen.
Basis und Basisspannung siehe Transistor.
Batterie dient als elektrische Stromquelle. Metallteile, die mit elektrisch leitenden Flüssigkeiten (Elektrolyt) in Verbindung kommen, laden sich negativ gegenüber der Flüssigkeit auf. Es entsteht eine elektrische Spannung. Verschiedenartige Metalle erzeugen unterschiedlich starke Spannungen. Bei Gold, Platin und Silber ergibt sich eine geringere Spannung. Bei Metallen wie Zink und Aluminium entstehen größere Spannungen.
Batterie-Anschlußpole. Der Anschlußpol mit negativer Spannung wird als Minus-Pol ⊖ bezeichnet. Der Anschluß mit positiver Spannung ist der Pluspol ⊕.
bit ist die Einheit der (elektronischen) Speicherkapazität. 1 bit besagt, daß ein Low- oder ein High-Signal gespeichert werden kann.
Collector und Collector-Spannung siehe Transistor.
Computer (engl.) internationale Bezeichnung für elektronische Rechen-Anlagen (Elektronengehirn).
D-A-Konverter wandeln digitale Signale in analoge Werte (z. B. Spannung, Ströme, Frequenzen usw.) um.
Dimmer-Schaltung (Helligkeitsregler)
Diode ist ein elektronisches Ventil. Sie läßt den Strom nur in einer Richtung fließen. Die Leuchtdiode (LED) hat die zusätzliche Eigenschaft, beim Stromdurchfluß aufzuleuchten. LED's gibt es in den Farben Rot, Gelb, Orange und Grün.
Elekrizität ist die ruhende oder bewegte elektrische Ladung (elektrischer Strom oder elektrische Energie).
Elektrolyt ist eine elektrisch leitende Flüssigkeit.
Elektrolyt-Kondensator, Abkürzung Elko, siehe Kondensator.
Elektronen sind elektrisch negativ geladene Elementarteilchen. Elektronen sind Träger des elektrischen Stroms in Metallen. Sie bewegen sich in den Zwischenräumen des Metall-Kristallgitters, ähnlich wie Gasmoleküle.
Elektronik ist die technische Wissenschaft von der Wirkung freigemachter Elektronen, aber auch von elektrisch geladenen Molekülteilchen.
Elektronischer Speicher (Memory) dienen zum Speichern digitaler Daten. Die Speicherkapazität wird in „bit" angegeben.
Farad ist die Maßeinheit der Kapazität, z. B. bei Kondensatoren. Abkürzung: F
Frequenz = Schwingungen. Bei Blinklichtschaltungen spricht man von einer Blinkfrequenz, bei Tonschwingungen von einer Tonfrequenz. Die Anzahl der Schwingungen werden in Hertz (Hz) gemessen. Die menschliche Sprache liegt im allgemeinen zwischen 300 bis 2.500 Hz, der Kammerton a liegt bei 440 Hz. Die Tonfrequenz von 16 bis 20.000 Hz nennt man Niederfrequenz (NF). Darüberliegende, vom menschlichen Ohr nicht mehr wahrnehmbare Frequenzen sind in der Rundfunktechnik als Hochfrequenz (HF) bekannt.
Gatter, Grundbausteine der Digital-Technik. Sie werden auch „Verknüpfungsglied" genannt.
Gleichstrom nennt man den in gleicher Richtung fließenden Elektronenstrom, der sich z. B. bei einer Batterie durch den Spannungsunterschied zwischen dem Minuspol und dem Pluspol ergibt. Beim Wechselstrom dagegen ist ein ständiger Wechsel zwischen Plus und Minus gegeben. z. B. in Westeuropa schwingt der Wechselstrom des Leitungsnetzes mit einer Frequenz von 50 Hz.
Glühlampe, der elektrische Strom erzeugt im sehr dünnen Glühfaden (Wendel) einer Lampe so viel Reibung, daß sich dieser Glühfaden erhitzt. Bei zu kleinem Strom glimmt die Lampe, bei richtigem Strom leuchtet sie weiß. Ist der Strom zu groß, erhitzt sich der Glühfaden so weit, bis er schmilzt.
Halbleiter, wichtige elektronische Bauelemente, wie z. B. Transistoren, Dioden usw., Halbleitermaterialien, wie z. B. Silicium und Germanium sind Stoffe mit einer elektrischen Leitfähigkeit zwischen Leiter und Nichtleiter. Sie sind normalerweise weder als Leiter noch als Isolatoren geeignet. Erst durch komplizierte chemische und physikalische Behandlungen (Diffusionsverfahren) erhalten sie eine gute und vor allem „steuerbare" Leitfähigkeit.
Hertz (Hz), Maßeinheit für Schwingungen pro Sekunde. Siehe auch Frequenz.
high (engl.) elektronischer Zustand: Spannung vorhanden (das betreffende Digital-Signal befindet sich im positiveren der beiden möglichen Spannungs-Zustände). High wird auch als 1-Signal bezeichnet.
Impuls kurzer Strom- oder Spannungsstoß. Es gibt positive und negative Impulse.
Integrierter Schaltkreis (internat. Abkürzung: IC, dt. Abkürzung: IS). Funktionsfähige Schaltung (oder Schaltungsteil), in welcher alle notwendigen Bauteile einschl. Verdrahtung auf sehr kleinem Raum enthalten (integriert) sind.
Kapazität nennt man die Strommenge, die (z. B. in Kondensatoren) gespeichert werden kann. Kapazität wird in Farad gemessen: nF = Nanofarad, µF = Mikrofarad. Siehe auch Kondensator.
Kilo (k), Maßeinheit (Multiplikator) für 1.000, z. B. 1 kΩ = 1.000 Ω
Kondensator besteht aus 2 voneinander isolierten Platten, die eine bestimmte Strommenge speichern können. Die Speichermöglichkeit (Kapazität) eines Kondensators hängt von der Größe der beiden Platten ab. Neben Kondernsatoren mit festen Werten gibt es auch Drehkondensatoren, die durch veränderlichen Plattenabstand eine veränderliche Kapazität haben. Kondensatoren haben unterschiedliche Bauformen. In unserem Elektronic-Studio werden vorwiegend keramische Scheibenkondensatoren und Elektrolytkondensatoren (Elkos) verwendet.
Leuchtdiode (LED) (siehe Diode)
low, (engl.) elektronischer Zustand: keine Spannung vorhanden (das betreffende Digital-Signal befindet sich im negativeren der beiden möglichen Spannungszustände). Low wird auch als 0-Signal bezeichnet.

Mega (M), Maßeinheit (Multiplikator) für 1.000.000, z. B. 1 MΩ =1 Million Ohm.
Milliampère (mA) ist ein tausendstel Ampère.
Minuspol siehe Batterie
Monolith-Technik (Ein-Stein-Technik), spezielle Technik zur Herstellung von ICs.
Monostabile Kippstufe besteht aus 2 Transistoren und einem Kondesator. Durch einen Impuls kann die Schaltung zum „Kippen“ gebracht werden. Nach einer bestimmten Zeit kippt die Schaltung selbsttätig in ihren Ausgangszustand zurück.
nano(n), Maßeinheit (Multiplikator) für den milliardsten Teil, z. B. nF = Nanofarad, als Kapazitätsbezeichnung bei Kondensatoren.
Ohm (Zeichen: Ω), Maßeinheit für den Wert (die Größe) eines Widerstands.
Ohm, Georg Simon, Physiker, 1789-1894. Entdecker des sogenannten „Ohmschen Gesetz der Elektrizitätslehre“. Es besagt, daß sich ein Strom bei gleichem Widerstand immer proportional zur Spannung verhält. Dieses Gesetz wird durch die Formel U = RxI ausgedrückt (U = Spannung, R = Widerstand, I = Strom).
Opto-Elektronik, lichtempfindliche elektronische Bauelemente, wie z. B. Fotowiderstand (LDR), welcher bei Dunkelheit nicht leitend ist und bei zunehmender Helligkeit leitend wird.
Parallelschaltung, Nebeneinanderschaltung von 2 Bauelementen, d. h., wenn sich der durchfließende Strom in beiden Bauelementen aufteilen kann.
Pluspol siehe Batterie
Potentiometer (Drehwiderstand), Widerstandswerte können verändert werden.
Reihenschaltung, Hintereinanderschaltung von zwei (oder mehreren) Bauelementen, d. h., daß ein Strom in einem Stromkreis zuerst durch das eine und dann durch das zweite Bauelement fließen muß.
RS-Flipflop ist eine Kippstufe, die gesetzt (set) und zurückgesetzt (reset) werden kann.
Schaltplan und Schaltsymbole, geben an, welche Bauelemente in einer Schaltung miteinander verbunden sind. Um Zeichenarbeit einzusparen, und um Verwechslungen zu vermeiden, wird nicht die tatsächliche Form der Bauelemente gezeichnet, sondern die genormten Schaltsymbole. Auf den Steckbausteinen des Electronic-Studios sind die genormten Schaltsymbole aufgedruckt.
Sensortaste, sogenannter Berührungsschalter
7-Segment-Anzeige, dient zur Anzeige von Ziffern durch 7 einzeln angesteuerter „Leuchtbalken“
Spannung in einem elektrischen Stromkreis ist vergleichbar mit dem Wasserdruck in einem Wasserstromkreis. Spannung wird in Volt (V) gemessen. Damit die elektrische Spannung einen elektrischen Strom verursacht, ist es notwendig, daß ein Stromkreis geschlossen wird.
Spannungsmeßgerät
Speicher, siehe elektronischer Speicher
Strom und Spannung
Stromkreis, Anordnung von elektronischen Bauelementen und Verbindungsleitungen zwischen dem Minus- und Pluspol einer Spannungsquelle (Batterie).
Transistor, elektronisches Bauelement mit 3 Anschlüssen: Der Basis, dem Emitter und dem Collector. Fließt über die Basis-Emitter.Strecke kein Strom, ist auch die Collector-Emitter-Strecke nicht leitend. Der Transistor sperrt. Erst wenn durch die Basis-Emitter-Strecke ein kleiner Strom fließt, wird auch die Collector-Emitter-Strecke zunehmend leitend und ermöglicht einen 100 bis 1000-fach stärkeren Stromfluß. Durch die Basis fließt der sogenannte Steuerstrom, durch den Collector der sogenannte Laststrom. Durch den Emitter-Anschluß fließt sowohl der Steuer- als auch der Laststrom. Steuer- und Laststrom allerdings nur dann, wenn die anliegenden Spannungen richtig gepolt sind, d. h., bei NPN-Transistoren (wie sie beim BUSCH-Electronic-Studio verwendet werden) muß am Emitter eine negativere Spannung gegenüber Basis und Collector vorhanden sein. Beim PNP-Transistor benötigt der Emitter eine positivere Spannung gegenüber Basis und Collector. Der Transistor hat überwiegend eine steuernde (auch „verstärkend“ genannte) Funktion.
Volt (V), Maßeinheit für elektrische Spannung. (1 Volt ist die Spannung, die an einem Widerstand von 1 Ohm entsteht, in welchem ein Strom von 1 Ampère eine Leistung von 1 Watt erzeugt).
Wahrheitstabelle gibt dem Digital-Elektroniker Auskunft, welche Ausgangssignale von einem Gatter bei bestimmten Eingangssignalen produziert werden.
Widerstand: Der elektrische Widerstand ist eine Widerstand, den ein Stromkreis dem Durchgang des Stromes entgegenstellt. Der Widerstand wird in Ohm (Ω) gemessen. Beim elektronischen Bauelement wird der Widerstandswert durch vier farbige Ringe dargestellt. Um den Widerstandswert nach diesen Farbringen bestimmen zu können, muß sich der goldene (bzw. silberne) Ring an der rechten Seite befinden. Die Farbe des ersten Ringes (von links nach rechts) bedeutet dann die erste Zahl, die Farbe des zweiten Ringes die zweite Zahl und die Farbe des dritten Ringes die Anzahl der anzuhängenden Nullen. Beispiel: 1.000 Ω (1kΩ) wird dargestellt durch den ersten Farbring braun (1), den zweiten Farbring schwarz (0) und den dritten farbring rot (00), also entsteht die Gesamtzahl 1.000. Der vierte Farbring silber gibt die übliche Toleranz von 10 % an (Farbring gold: Toleranz 5%).

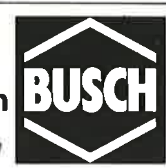
Widerstands-Farbcode-Tabelle



Farbring	1	2	3	4 (Toleranz)
Gold				5 %
Silber				10 %
Schwarz	0	0	-	
Braun	1	1	0	
Rot	2	2	00	
Orange	3	3	000	
Gelb	4	4	0000	
Grün	5	5	00000	
Blau	6	6	000000	
Violett	7	7		
Grau	8	8		
Weiß	9	9		

Inhaltsverzeichnis

electronic

Die Elektronik - Konzeption von 

In Zusammenarbeit mit dem Elektronik-Magazin 

Konzeption ist:

. . . wenn 10 verschiedene Elektronik-Experimentier-studios sich gegenseitig ergänzen.

. . . wenn dieses Experimentier-System die ganze Elektronik vom einfachen Transistor bis zum komplizierten Mikroprozessor leicht und verständlich erklärt.

. . . wenn mit vielen hundert Geräteschaltungen die gesamte Elektronik-Palette vom einfachen Stromkreis, über Rundfunkempfänger bis zum programmierbaren Micro-Computer möglich ist.



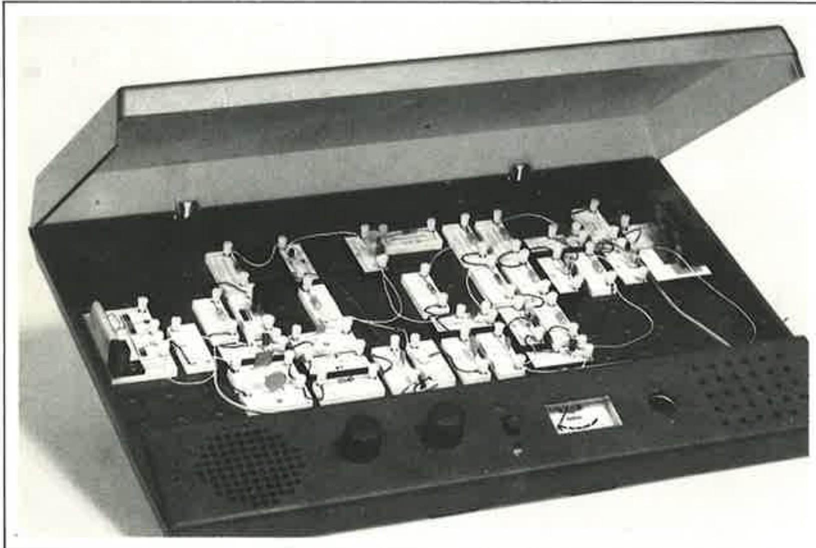
computer-system



2090 Ab 16 Jahre

Das betriebsfertig intallierte micro-computer-system mit den hunderttausend Möglichkeiten!
microtronic zeigt, wie ein Computer funktioniert, wie man ihn programmiert.
microtronic arbeitet als Rechner oder als sekunden-genaue Digital-Leuchtuhr. Er komponiert Melodien, und er ist Spiele-Partner. Er kann Reaktionszeiten, Temperaturen und Spannungen messen. Er steuert Schaltrelais, ermittelt Lottozahlen und . . . und . . . und. . .
Programmieren – faszinierendes Hobby der Zukunft, die bereits begonnen hat.

Ausbaufähig mit dem microtronic-Cassetten-Interface und den Electronic-Studios 2060, 2070 und 2075. Weiteres Sonderzubehör ist in Vorbereitung.
Bitte microtronic-Sonderprospekt anfordern.

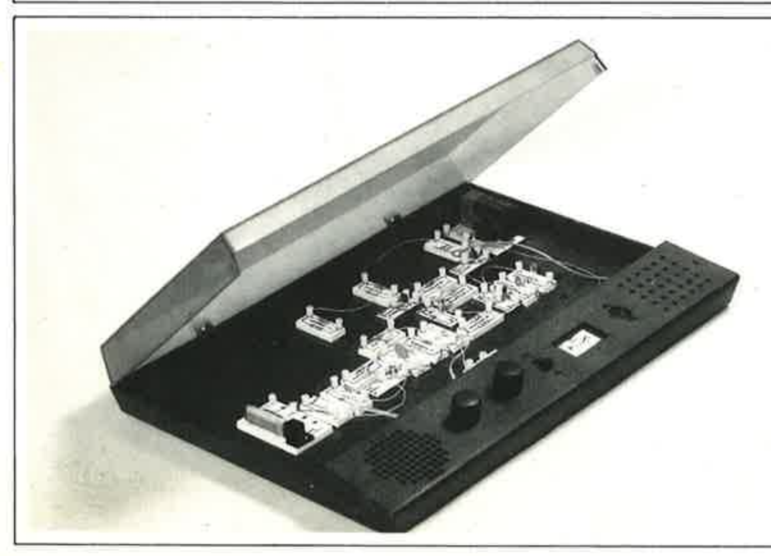


studio-center

2070 Ab 12-14 Jahre

Das große Electronic-Studio mit den Rundum-Experimentiermöglichkeiten in allen Bereichen heutiger Elektronik.
Armaturenboard mit Lautsprecher, Poti, Drehkondensator, Schiebeschalter, Universalmeßgerät und Phono-Normbuchse und viele Elektronik-Elemente auf BUSCH-Steckbausteinen.
Umfangreiches Anleitungsbuch, 370 Abbildungen und Schaltpläne für mehr als 130 realistischen Geräteschaltungen, z. B. Rundfunkempfänger (UKW, MW, LW, KW), elektronisches Klavier, lichtgesteuerte Harfe, Reaktions- und Hörfähigkeitstester, Geschwindigkeits-, Drehzahl- und Belichtungsmesser, ferngesteuerte Schalter, elektronisches Roulette, Lichtorgel, Metall- und Leitungssuchgeräte, Abhöranlagen usw.

Ausbaufähig mit den Electronic-Studios 2060, 2072, 2075, 2090.



radio-technik neu
opto-elektronik

2065 Ab 10-12 Jahre

Viele Elektronik-Bauteile, u. a. Radio-IC, Transistoren, LDR-Photowiderstand, Ferritantenne, Kondensatoren, Widerstände usw. Eingebauter Lautsprecher, Potentiometer und Drehkondensator im Armaturenboard des Experimentiergehäuses.
Umfangreiches Anleitungsbuch, ca. 200 Abbildungen und Schaltpläne für 60 realistische Geräteschaltungen, u. a.: Rundfunkempfänger für MW und LW, Weckerradio, super-trennscharfer MW-Receiver, Abhöranlage, lichtgesteuerte Orgel, Alarm- und Regenwarnanlage, Belichtungsautomatik, opto-elektronische Warngeräte, Tongeneratoren, NF-Verstärker usw.

Ausbaufähig mit Electronic-Studios 2069, 2072, 2075 und 2090.